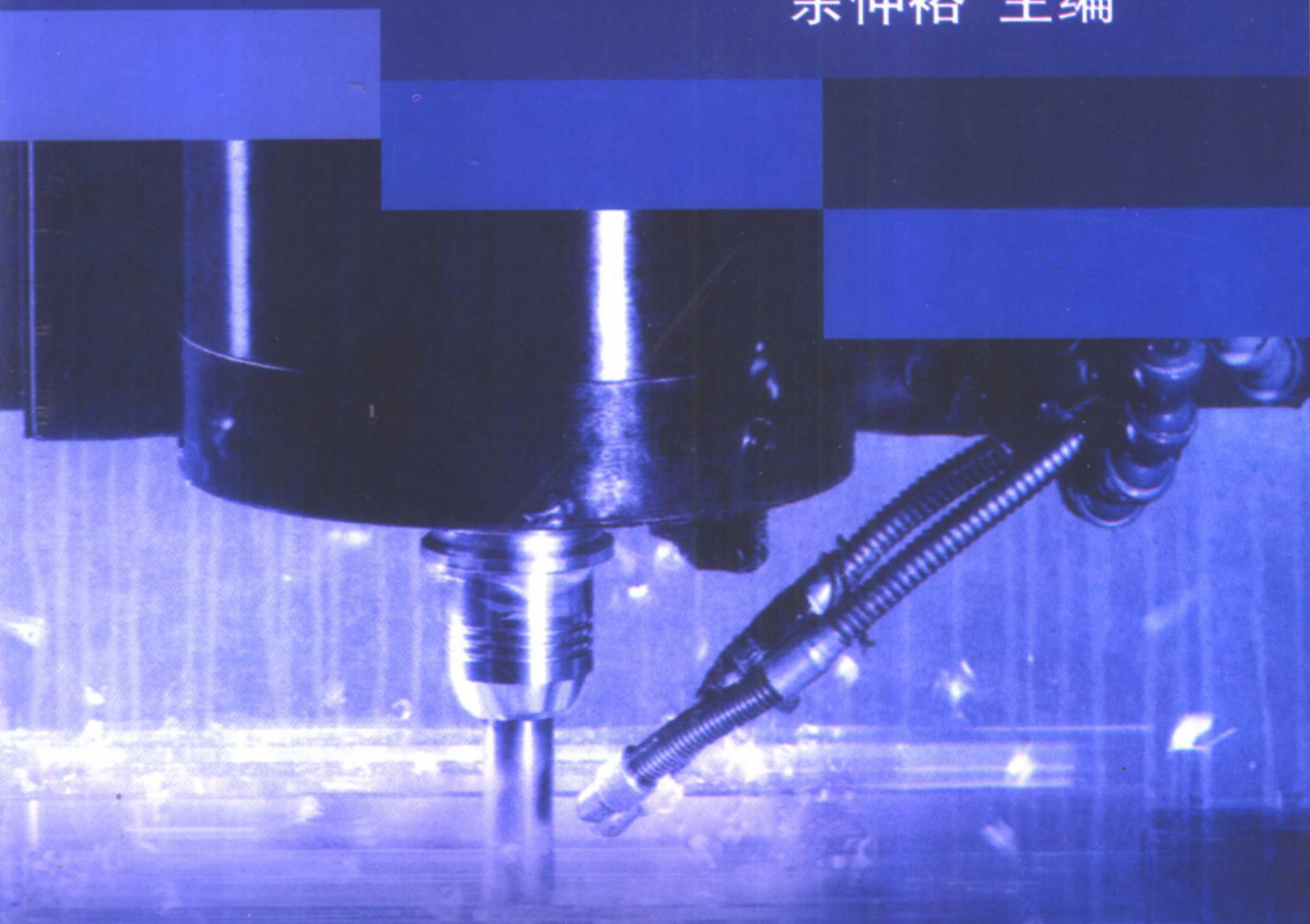


高等职业技术教育机电类规划教材

数控机床维修

余仲裕 主编



机械工业出版社
China Machine Press

高等职业技术教育机电类规划教材

数控机床维修

主编 余仲裕

参编 龚奇平 来建良

主审 陈洪涛 蒋鼎耀



机械工业出版社

本书是高等职业技术教育机电类规划教材之一。全书详细介绍了数控机床的安装调试及验收、数控机床的调整、数控机床的维修管理、数控机床的故障诊断、数控系统的维修技术等内容,对常用的故障检测仪器也作了较详细的介绍。每章都附有思考题和技能训练题。

本书的编写定位准确,内容完整、丰富,层次清楚,重点突出,重视实践技能的培养,实用性强。通过大量维修实例的介绍,可从中总结各类数控机床维修的思路和办法。

本书可作为高等职业技术教育、大中专及职工大学数控技术应用专业、机电一体化专业、机械设备与自动化专业的教材,也可作为从事数控机床维修工作的工程技术人员的参考用书和企业培训数控机床维修人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床维修/余仲裕主编. —北京:机械工业出版社, 2001. 5

高等职业技术教育机电类规划教材

ISBN 7-111-07908-6

I. 数… II. 余… III. 数控机床—维修—高等教育: 技术教育—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 76890 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 邓海平 版式设计: 张世琴 责任校对: 刘志文

封面设计: 李雨桥 责任印制: 郭景龙

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·15.25 印张·373 千字

0 001—5 000 册

定价: 20.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

数控机床是机电一体化设备,数控技术的复杂性和综合性加大了其维修的难度。随着数控机床的大量使用和高性能数控系统的开发利用,对数控机床维修人员的素质要求也越来越高。目前,数控机床的维护水平和修理能力偏低,正制约着数控机床作用的进一步发挥。

本书根据编者从事企业设备维修和管理工作的二十多年的生产实践和教学经验,并充分考虑到高等职业技术教育的特点,从选材到内容结构的安排上力求做到简明、实用。理论内容以应用为目的,强调针对性和实用性,同时用较大的篇幅介绍了从事数控机床维修工作的工程技术人员成功的维修实例,突出解决实际问题的具体办法,强调了学以致用。

全书共分八章,包括数控机床的安装、调试、验收、调整、维护及故障诊断分析、维修方法等内容,是高等职业技术教育设备维修与管理专业的适用教材。

本书可作为高等职业技术教育、大中专及职工大学数控技术应用专业、机电一体化专业、机械设备与自动化专业的教材,也可作为从事数控机床维修工作的工程技术人员的参考用书和企业培训数控机床维修人员的培训教材。

本书由广西机电职业技术学院余仲裕(绪论、第一章、第三章、第六章、第七章、第八章)、重庆工业职业技术学院龚奇平(第二章、第七章)、浙江机电职业技术学院来建良(第四章、第五章、第七章)编写,余仲裕任主编。

本书由四川省工程技术学院陈洪涛高级讲师和浙江省机械工程学会设备维修分会蒋鼎耀高级工程师担任主审。参加审稿会的有张翠凤,沈绍槐,黄兴红,范光松,邱思泉,朱志宏,郑立坤,庞建跃等。

本书中采用的数控机床维修实例,是从全国众多的数控机床用户和专业维修中心的工程技术人员交流的维修经验中选取的,编者在此向他们一并致谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中定有不少错误与不当之处,恳请读者予以批评指正。

编 者
于南宁

5-250-2851

目 录

前 言

绪 论

第一章 数控机床的安装、调试

及验收 4

第一节 数控机床的安装与调试 4

第二节 数控机床的验收 9

思考题 27

技能训练 27

第二章 数控机床的调整 28

第一节 主轴部件的结构与调整 28

第二节 进给传动系统部件的调整 36

第三节 回转运动部件的调整 45

第四节 自动换刀装置的调整 51

第五节 位置检测装置的调整 65

第六节 床身导轨的调整 80

思考题 84

技能训练 84

第三章 数控机床的维修管理及维护 ... 85

第一节 数控机床的维修管理 85

第二节 数控机床的维护 88

思考题 93

技能训练 93

第四章 数控机床机械故障诊断 94

第一节 机械故障诊断方法 94

第二节 主要机械部件故障诊断 95

思考题 101

技能训练 101

第五章 数控系统故障诊断 102

第一节 概述 102

第二节 故障诊断方法 109

第三节 控制系统故障诊断 119

第四节 伺服系统故障诊断 124

思考题 133

技能训练 133

第六章 数控系统维修技术 134

第一节 数控系统现场维修要求 134

第二节 SINUMERIK 810/820
系统维修 140

第三节 FANUC 0 系统维修 148

思考题 166

技能训练 166

第七章 数控机床维修实例 167

第一节 数控车床 167

第二节 数控铣床 180

第三节 加工中心 183

第八章 常用故障检测仪器 194

第一节 BW4040 系列电路维修测试仪 194

第二节 〈汇能〉TH 系列电路在线维
修测试仪 197

第三节 其他几种测试仪 203

附 录 206

附录 A FANUC 0 系统故障报
警含义速查表 206

附录 B 常用数控名词中英文对照 216

参考文献 237

绪 论

数控机床集机械制造技术和计算机、液压、气动、传感检测、信息处理、光机电等技术于一体,是技术密集型的机电一体化产品,它具有下列优点:

- 1) 能完成很多普通机床难以加工,或者根本不能加工的复杂型面零件的加工;
- 2) 采用数控机床,可以提高零件的加工精度,稳定产品的质量;
- 3) 可以提高生产率。采用数控机床比普通机床可提高生产率 2~3 倍,对复杂零件的加工,生产率可提高十几倍甚至几十倍;
- 4) 具有柔性,只需更换程序,就可适应不同品种及尺寸规格零件的自动加工;
- 5) 大大减轻了工人的劳动强度。

可以看出,数控机床是一种高效率、高精度,能保证加工质量,解决工艺难题;而且又具有一定柔性的生产设备。数控机床的广泛使用,将给机械制造业的生产方式、产品结构和产业结构带来深刻的变化,其技术水平高低和拥有量多少,是衡量一个国家工业化水平的重要标志。

一、我国数控机床的发展现状

我国数控机床的发展起步较早,从 1958 年开始研制,已经历了 40 年的发展历程。但到 1978 年底,数控机床的发展几经周折,走了不少弯路,当年数控机床产量仅 223 台。1979 年开始的改革开放,为我国的机械工业开辟了新时期,数控机床的发展也进入了一个崭新的阶段。目前,我国开发了一批已经商品化的主机品种,产品质量不断提高,1997 年已形成年产一万台数控机床的生产能力,这一年数控机床年产量达 4946 台。在数控机床的主要装置数控系统的开发研制上,经过 1981~1985 年的技术引进、1986~1990 年的消化吸收和 1991~1996 年开发自主知识产权的数控系统三个阶段的发展,已建立起了两个具有自主知识产权的数控平台:以 PC 机为基础的总线式、模块化、开放型单处理器平台和多处理器平台。开发出了四个具有自主知识产权的基本系统:中国珠峰数控公司的中华 I 型、北京航天机床数控集团的航天 I 型、中科院沈阳计算所的蓝天 I 型和华中理工大学的华中 I 型。在此基础上开发出了数控车床和加工中心 6 个典型系统及针对数控磨齿机、齿轮机床、电加工机床、锻压机床、仿形机床、三坐标测量机特定功能要求的 16 种派生系列,形成了年产数控系统 3000 台、主轴与进给装置 5000 套的生产能力,为实现数控机床的产业化奠定了基础。目前,新一代高性能的高档数控系统华中 2000 已经研制成功并投入生产。该系统最多可控制 16 轴(9 轴联动),具有结构紧凑、可靠性高、集成度高、控制精度高和操作维修方便等特点。

尽管近几年数控机床在我国迅速发展,一大批性能较好、价格适宜的产品受到了用户的欢迎,但与工业发达国家仍存在阶段性的差距。就总体来说,我国数控机床的构成比较落后,以普通精度加工为主的车床、钻床所占的比重大,以高精度加工为主的磨床、自动化和高效率的加工中心所占比重小。国产的经济型、低价位的数控机床比重大,其性能和加工效率与国外先进水平差距较大,中档及以上的产品竞争力较低。装备各行业所需的数控机床,主要依靠进口,国产数控机床的市场占有率不到 30% (1998 年底统计数)。

二、加强数控机床维修工作的意义

根据国家机械工业局的统计资料, 1998 年底我国拥有各类数控机床 13 万台。这些数控机床在加工现场发挥了强大的技术优势, 都是企业生产经营的关键设备。由于数控机床是机电一体化的高技术产品, 停机损失比普通机床要高得多。如果因为操作不当、维护不周而发生故障, 维修又跟不上, 造成停机, 其损失有时会达到令人难以置信的巨大。例如, 生产无法进行下去可能使整个合同无法履行, 这种利润的损失是难以弥补的, 同时也可能影响到企业的信誉, 甚至可能影响到企业客户的信誉。因为企业不能供货, 造成客户的产品延期。

因此, 数控机床的维修工作不仅创造了实际价值, 更重要的是也创造了社会价值, 并且具有广泛的社会效益。

但是, 目前我国一些企业在数控机床的管理、使用及维修等环节中存在不少问题, 特别是对数控机床的维护水平和修理能力偏低, 对数控系统这样原理复杂、结构精密的装置进行维修的专业人员缺乏, 直接影响到数控机床的正常开动率, 维护及修理费用较高, 经济效益较差。随着我国数控机床大量使用, 加强数控机床的维修管理已刻不容缓, 它关系到如何充分发挥数控机床优势, 保持数控机床的完好技术状态, 提高数控机床的使用率, 关系到企业的经济效益。

依照设备维修工程的理论, 数控机床的维修工作是一项系统工程。它是从企业的生产发展和经营目标出发, 运用各种技术、经济和组织措施, 对数控机床的后半生, 即数控机床的购置、安装、调试、使用、维护、修理、改造、更新, 直到报废的整个过程进行全面科学的管理。本教材仅围绕数控机床的安装、调试、维护、修理等内容进行讨论, 其他问题将在相关教材中阐述。

三、对数控机床维修人员的素质要求

数控机床属于高科技密集型产品, 数控技术的复杂性和综合性加大了维修工作的难度。数控机床的故障诊断及维修在内容、手段和方法上, 与传统机床的故障诊断及维修有很大的区别, 从事数控机床维修的人员应具有较高的素质:

- 1) 专业知识面广。掌握或了解机械加工工艺、电机拖动和自动控制、电工原理、电子技术、计算机技术、传感器与检测技术、液压技术、气动技术等方面的基础知识;
- 2) 经过良好的技术培训, 掌握数字控制、伺服驱动及 PLC 的工作原理, 懂得 NC 和 PLC 编程;
- 3) 有一定的专业英语阅读能力。数控机床的操作面板、CRT 显示、随机技术手册有的采用英文表示, 不懂英文就无法阅读技术资料, 无法通过人机对话操作数控系统;
- 4) 熟悉数控机床结构, 有较强的动手能力和实验技能, 能进行数控机床的基本操作;
- 5) 有一定的维修实践经验, 会使用各种常用的维修用工具和仪器、仪表;
- 6) 有高度的工作责任心和团结协作的敬业精神, 勤于学习和善于分析的学习态度, 胆大心细的工作作风。

培养数控机床维修人员是一项有难度的工作。这是因为, 除上述各项素质要求难于求全外, 还与数控机床高科技的特点是分不开的。目前, 数控机床用的数控系统型号多、更新快。随着计算机技术的迅速发展, 通用计算机上使用的硬件、软件, 人机对话系统越来越广泛地应用于新的数控系统, 而不同制造厂、不同型号的数控系统差别很大, 一个能熟练维修日本 FANUC 数控系统的人, 不见得会熟练排除德国西门子系统所发生的故障。同时, 由于

数控机床价格昂贵，对维修人员提供的维修实践机会不多，而数控机床故障现象各不相同，其起因往往不是显而易见的，它涉及机、电、液、气。就数控系统而言，组成系统的成千上万只元器件都有损坏的可能，要在这样众多的电子元器件中找到损坏的那一只，须有丰富的经验和高超的本领。现在一般只是在机床出现故障之后，才有机会进行实践。但由于生产急需等原因，要求维修人员能很快判断故障并排除，不允许维修人员有充裕的时间去仔细钻研，提高维修技术。因此，数控机床维修人员应该是一个勤于学习的人，只有对机床的随机技术资料反复阅读，刻苦钻研，边干边学，才能真正掌握。同时，要求维修人员通过各种渠道，不断收集维修经验，培养综合判断能力和处理故障的技能。维修人员要养成良好的工作习惯和严谨科学的工作作风，认真分析常见故障和偶发故障的现象及产生原因，建立查找故障的程序，将故障现象、分析步骤、排除方法进行归纳整理。要进行故障统计分析工作，对重复性比较高的故障进行重点研究，做改善性修理。

四、数控机床维修课程的任务和学习方法建议

通过数控机床维修课程的学习，应使学生达到下列基本要求：

- 1) 掌握数控机床安装、调试、验收的基本知识，具有对照技术资料、标准，正确使用检测仪器进行数控机床精度检验的能力；
- 2) 熟悉数控机床主要机械部件结构调整、故障诊断和排除的基本方法；
- 3) 掌握数控系统故障诊断分析和维修的一般方法，具有对典型数控系统的常见故障进行诊断分析和维修的能力。

数控机床维修工作因其技术含量高而具有一定的难度，为实现以上基本要求，教学中必须做到理论与实际相结合，充分发挥实践教学场地（实习车间、实验室等）的作用。教师应具备一定的数控机床维修或其他数控设备维修的实践经验。

为了增强教材的实用性，扩大教材使用范围，给从事数控机床维修或其他数控设备维修的工程技术人员在工作中参考或进行自学，教材部分内容采用简明扼要的列表对照形式，同时还安排了一定篇幅介绍数控机床维修的实例。另外，每章的后面除思考题外，还安排一些技能训练题，目的是为了学用一致、学以致用。教学中可以根据具体的实践条件和数控机床类型情况，选择相关内容和维修实例进行讲授。对技能训练，建议尽可能创造条件予以安排，使学生能通过训练过程吸收、掌握书本上的知识。

第一章 数控机床的安装、调试及验收

安装、调试和验收是数控机床前期管理的重要环节。当机床运到工厂后，首先要进行安装、调试，并进行试运行，且精度验收合格后才能交付使用。对于小型数控机床，这项工作比较简单，机床到位固定好地脚螺栓后，就可以连接机床总电源线，调整机床水平。大中型数控机床的安装就比较复杂，因为大中型设备一般都是解体后分别装箱运输的，到用户后要进行组装和重新调试。现以需要组装的机床为例介绍安装调试过程和验收要求。

第一节 数控机床的安装与调试

一、机床的初就位和组装

机床的初就位和组装工作，主要包括：

1) 按照机床厂对机床基础的具体要求，做好机床安装基础，并在基础上留出地脚螺栓的孔，以便机床到厂后及时就位安装；

2) 组织有关技术人员阅读和消化有关机床安装方面的资料，然后进行机床安装。机床组装前要把导轨和各滑动面、接触面上的防锈涂料清洗干净，把机床各部件，如数控柜、电气柜、立柱、刀库、机械手等组装成整机。组装时必须使用原来的定位销、定位块等定位元件，以保证下一步精度调整的顺利进行；

3) 部件组装完成后就进行电缆、油管和气管的连接。机床说明书中有电气接线图和气、液压管路图，应根据这些图样资料将有关电缆和管道按标记一一对号接好。连接时特别注意清洁工作和可靠的接触及密封，接头一定要拧紧，否则试车时漏油漏水，给试机带来麻烦。油管、气管连接中要特别防止异物从接口中进入管路，造成整个液压、气压系统故障。电缆和管路连接完毕后，要做好各管线的就位固定，安装好防护罩壳，保证整齐的外观。

二、数控系统的连接和调整

(一) 外部电缆的连接

数控系统外部电缆的连接，指数控装置与 MDI/CRT 单元、强电柜、机床操作面板、进给伺服电动机和主轴电动机动力线、反馈信号线的连接等，这些连接必须符合随机提供的连接手册的规定。最后还进行地线连接。数控机床地线的连接十分重要，良好的接地不仅对设备和人身的安全十分重要，同时能减少电气干扰，保证机床的正常运行。地线一般都采用辐射式接地法，即数控柜中的信号地、强电地、机床地等连接到公共接地点上，公共接地点再与大地相连。数控柜与强电柜之间的接地电缆要足够粗，截面积要在 5.5mm^2 以上。地线必须与大地接触良好，接地电阻一般要求小于 $4\sim 7\Omega$ 。

(二) 电源线的连接

数控系统电源线的连接，指数控柜电源变压器输入电缆的连接和伺服变压器绕组抽头的连接。对于进口的数控系统或数控机床更要注意，由于各国供电制式不尽一致，国外机床生产厂家为了适应各国不同的供电情况，无论是数控系统的电源变压器，还是伺服变压器都有

多个抽头，必须根据我国供电的具体情况，正确地连接。

(三) 输入电源电压、频率及相序的确认

(1) 输入电源电压和频率的确认 我国供电制式是交流 380V，三相；交流 220V，单相，频率为 50Hz。有些国家的供电制式与我国不一样，不仅电压幅值不一样，频率也不一样，例如日本，交流三相的线电压是 200V，单相是 100V，频率是 60Hz。他们出口的设备为了满足各国不同的供电情况，一般都配有电源变压器。变压器上设有多个抽头供用户选择使用。电路板上设有 50/60Hz 频率转换开关。所以，对于进口的数控机床或数控系统一定要先看懂随机说明书，按说明书规定的方法连接。通电前一定要仔细检查输入电源电压是否正确，频率转换开关是否已置于“50Hz”位置。

(2) 电源电压波动范围的确认 检查用户的电源电压波动范围是否在数控系统允许的范围之内。一般数控系统允许电压波动范围为额定值的 85%~110%，而欧美的一些系统要求更高一些。由于我国供电质量不太好，电压波动大，电气干扰比较严重。如果电源电压波动范围超过数控系统的要求，需要配备交流稳压器。实践证明，采取了稳压措施后会明显地减少故障，提高数控机床的稳定性。

(3) 输入电源电压相序的确认 目前数控机床的进给控制单元和主轴控制单元的供电电源，大都采用晶闸管控制元件，如果相序不对，接通电源，可能使进给控制单元的输入熔丝烧断。

检查相序的方法很简单，一种是用相序表测量，如图 1-1a 所示，当相序接法正确时相序表按顺时针方向旋转，否则就是相序错误，这时可将 R、S、T 中任意两条线对调一下就行了。另一种是用双线示波器来观察二相之间的波形，如图 1-1b 所示，二相在相位上相差 120°。

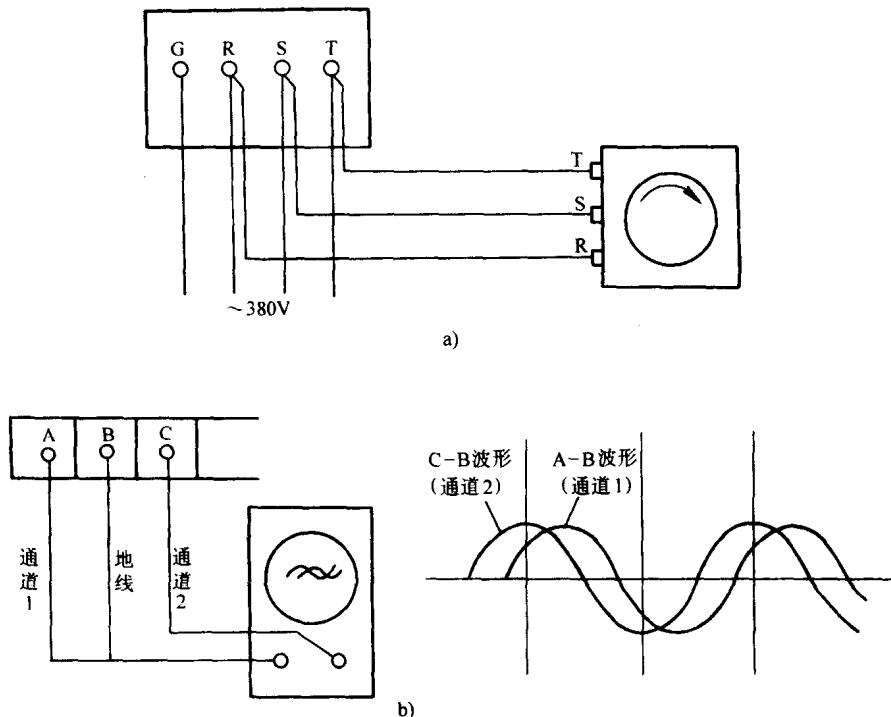


图 1-1 相序测量

a) 相序表法 b) 示波器法

(4) 确认直流电源输出端是否对地短路 各种数控系统内部都有直流稳压电源单元, 为系统提供所需的 +5V, $\pm 15\text{V}$, $\pm 24\text{V}$ 等直流电压。因此, 在系统通电前应当用万用表检查其输出端是否有对地短路现象。如有短路必须查清短路的原因, 并排除之后方可通电, 否则会烧坏直流稳压单元。

(5) 接通数控柜电源, 检查各输出电压 在接通电源之前, 为了确保安全, 可先将电动机动力线断开。这样, 在系统工作时不会引起机床运动。但是, 应根据维修说明书的介绍对速度控制单元作一些必要性的设定, 不致因断开电动机动力线而造成报警。接通数控柜电源后, 首先检查数控柜中各风扇是否旋转, 这也是判断电源是否接通最简便办法。随后检查各印制电路板上的电压是否正常, 各种直流电压是否在允许的波动范围之内。一般来说, $\pm 24\text{V}$ 允许误差 $\pm 10\%$ 左右, $\pm 15\text{V}$ 的误差不超过 $\pm 10\%$, 对 +5V 电源要求较高, 误差不能超过 $\pm 5\%$, 因为 +5V 是供给逻辑电路用的, 波动太大, 会影响系统工作的稳定性。

(6) 检查各熔断器 熔断器是设备的“卫士”, 时时刻刻保护着设备的安全。除供电主线路上有熔断器外, 几乎每一块电路板或电路单元都装有熔断器, 当过负荷、外电压过高或负载端发生意外短路时, 熔断器能马上被熔断而切断电源, 起到保护设备的作用, 所以一定要检查熔断器的质量和规格是否符合要求。

(四) 参数的设定和确认

(1) 短路棒的设定 数控系统内的印制电路板上有许多用短路棒短路的设定点, 需要对其适当设定以适应各种型号机床的不同要求。一般来说, 用户购入的整台数控机床, 这项设定已由机床厂完成, 用户只需确认一下即可。但对于单体购入的数控装置, 用户则必须根据需要自行设定。因为数控装置出厂时是按标准方式设定的, 不一定适合具体用户的要求。不同的数控系统设定的内容不一样, 应根据随机的维修说明书进行设定和确认。主要设定内容有以下三个部分:

1) 控制部分印制电路板上的设定 包括主板、ROM 板、连接单元、附加轴控制板、旋转变压器或感应同步器的控制板上的设定。这些设定与机床回基准点的方法、速度反馈用检测元件、检测增益调节等有关。

2) 速度控制单元电路板上的设定 在直流速度控制单元和交流速度控制单元上都有许多设定点, 这些设定用于选择检测元件的种类、回路增益及各种报警。

3) 主轴控制单元电路板上的设定 无论是直流或是交流主轴控制单元上, 均有一些用于选择主轴电动机电流极性和主轴转速等的设定点。但数字式交流主轴控制单元上已用数字设定代替短路棒设定, 故只能在通电时才能进行设定和确认。

(2) 参数的设定 设定系统参数, 包括设定 PC (PLC) 参数等的目的, 是当数控装置与机床相连接时, 能使机床具有最佳的工作性能。即使是同一种数控系统, 其参数设定也随机床而异。数控机床出厂时都随机附有一份参数表 (有的还附有一份参数纸带或磁带)。参数表是一份很重要的技术资料, 必须妥善保存, 当进行机床维修, 特别是当系统中的参数丢失或发生了错乱, 需要重新恢复机床性能时, 更是不可缺少的依据。

对于整机组进的数控机床, 各种参数已在机床出厂前设定好, 无需用户重新设定, 但对照参数表进行一次核对还是必要的。显示已存入系统存储器的参数的方法, 随各类数控系统而异, 大多数可以通过按压 MDI/CRT 单元上的“PARAM” (参数) 键来进行。显示的参数内容应与机床安装调试完成后的参数一致, 如果参数有不符的, 可按照机床维修说明书提供

的方法进行设定和修改。

如果所用的进给和主轴控制单元是数字式的,那么它的设定也都是用数字设定参数,而不用短路棒。此时,须根据随机所带的说明书一一予以确认。

(3) 纸带阅读机的调整 从世界数控技术的发展趋势看,纸带阅读机将会逐渐被淘汰,取而代之的磁带、软磁盘或微机编程系统直接进行数据传输。但是,20世纪90年代前进口的数控机床绝大部分都配有内藏式纸带阅读机。另外,由于操作习惯关系,现在仍有一些用户选择纸带阅读机。通常纸带阅读机在出厂前已经调整好,用户不必重新调整,但一旦发现读带信息出错,则需对光电放大器输出波形进行调整。目前能见到的纸带阅读机品种很多,其调整方法也稍有差异,一般可按下述步骤进行:

- 1) 制作一条测试纸带,即一条有孔和无孔交错排列的黑色纸带,并将纸带首尾相接成环形;
- 2) 把环形测试纸带装入纸带阅读机,将开关设置为“手动”方式,使其连续走带;
- 3) 用示波器测量光电放大器电路板上的同步孔(纸带中间的一排连续小孔)信号检查端子S和OV(地)之间同步信号波形,调整电位器SP(RV₁),使波形ON和OFF时间之比为6:4,如图1-2所示。

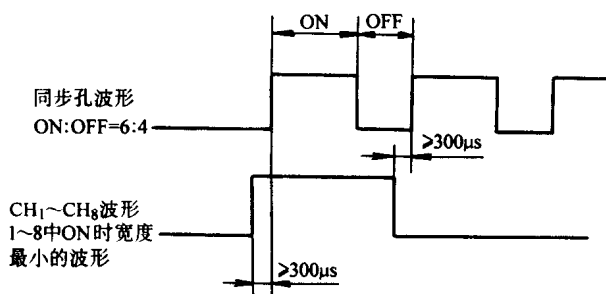


图 1-2 纸带阅读机波形

(五) 确认数控系统与机床间的接口

现代的数控系统一般都具有自诊断的功能,在CRT画面上可以显示出数控系统与机床接口以及数控系统内部的状态。在带有可编程控制器(PLC)时,可以反映出从NC到PLC,从PLC到MT(机床),以及从MT到PLC,从PLC到NC的各种信号状态。至于各个信号的含义及相互逻辑关系,随每个PLC的梯形图(即顺序程序)而异。用户可根据机床厂提供的梯形图说明书(内含诊断地址表),通过自诊断画面确认数控系统与机床之间的接口信号状态是否正确。

完成上述步骤,可以认为数控系统已经调整完毕,具备了机床联机通电试车的条件。此时,可切断数控系统的电源,连接电动机的动力线,恢复报警设定,准备通电试车。

三、通电试车

通电试车要先做好通电前的准备工作,首先是按照机床说明书的要求,给机床润滑油箱、润滑点灌注规定的油液或油脂,清洗液压油箱及过滤器,灌足规定标号的液压油,接通气源等。再调整机床的水平,粗调机床的主要几何精度。若是大中型设备,在已经完成初就位和初步组装的基础上,要重新调整各主要运动部件与主轴的相对位置,如机械手、刀库及主轴换刀位置的校正,自动托盘交换装置(APC)与工作台交换位置的找正等。

机床通电操作可以是一次同时接通各部分电源全面供电,或各部分分别供电,然后再作总供电试验。对于大型设备,为了更加安全,应采取分别供电。通电后首先观察各部分有无异常,有无报警故障,然后用手动方式陆续起动各部件。检查安全装置是否起作用,能否正常工作,能否达到额定的工作指标。起动液压系统时先判断液压泵电动机转动方向是否正确,液压泵工作后液压管路中是否形成油压,各液压元件是否正常工作,有无异常噪声,各接头有无渗漏,液压系统冷却装置能否正常工作等等。总之,根据机床说明书资料粗略检查机床主要部件,功能是否正常、齐全,使机床各环节都能操作运动起来。

在数控系统与机床联机通电试车时,虽然数控系统已经确认,工作正常无任何报警,但为了预防万一,应在接通电源的同时,作好按压急停按钮的准备,以便随时准备切断电源。例如,伺服电动机的反馈信号线接反了或断线,均会出现机床“飞车”现象,这时就需要立即切断电源,检查接线是否正确。在正常情况下,电动机首次通电的瞬时,可能会有微小的转动,但系统的自动漂移补偿功能会使电动机轴立即返回。此后,即使电源再次断开、接通,电动机轴也不会转动。可以通过多次通、断电源或按急停按钮的操作,观察电动机是否转动,从而也确认系统是否有自动漂移补偿功能。

通电正常后,应用手动方式检查一下各基本运动功能,例如各轴的移动、主轴的正转和反转、手摇脉冲发生器等。在检查机床各轴的运转情况时,应用手动连续进给移动各轴,通过CRT或DPL(数字显示器)的显示值检查判断移动方向是否正确。如方向相反,则应将电动机动力线及检测信号线反接才行,然后检查各轴移动距离是否与移动指令相符,如不符,应检查有关指令、反馈参数以及位置控制环增益等参数设定是否正确。随后再用手动进给,以低速移动各轴,并使它们碰到超程限位开关,用以检查超程限位是否有效,数控系统是否在超程时发出报警。最后还应进行一次返回基准点动作,看用手动回基准点是否正确。机床的基准点是机床进行加工和程序编制的基准位置,因此,必须检查有无基准点功能以及每次返回基准点的位置是否完全一致。总之,凡是手动功能都可以验证一下。当这些试验都正确以后再进行下一步的工作,否则要先查明异常的原因并加以排除。

如果以上试验没发现什么问题,说明设备基本正常,就可以进行机床几何精度的精调和试运行。

四、机床精度和功能的调试

对于小型数控机床,整体刚性好,对地基要求也不高,机床到位安装后就可接通电源,调整机床床身水平,随后就可通电试运行,进行检查验收。为了机床工作稳定可靠,对大中型设备或加工中心,不仅需要调水平,还需对一些部件进行精确的调整。调整内容主要有以下几项:

- 1) 在已经固化的地基上用地脚螺栓和垫铁精调机床床身的水平,找正水平后移动床身上的各运动部件(立柱、溜板和工作台等),观察各坐标全行程内机床的水平变化情况,并相应调整机床几何精度使之在允差范围之内。在调整时,主要以调整垫铁为主,必要时可稍微改变导轨上的镶条和预紧滚轮等。一般来说,只要机床质量稳定,通过上述调整可将机床调整到出厂精度。

- 2) 调整机械手与主轴、刀库的相对位置。首先使机床自动运行到换刀位置,再用手动方式分步进行刀具交换动作,检查抓刀、装刀、拔刀等动作是否准确恰当。在调整中采用一个校对检验棒进行检测,有误差时可调整机械手的行程或移动机械手支座或刀库位置等,必

要时也可以改变换刀基准点坐标值的设定（改变数控系统内的参数设定）。调整好以后要拧紧各调整螺钉，然后再进行多次换刀动作，最好用几把接近允许最大重量的刀柄，进行反复换刀试验，达到动作准确无误，不撞击、不掉刀。

3) 带 APC 交换工作台的机床要把工作台运动到交换位置，调整托盘站与交换台面的相对位置，达到工作台自动交换时动作平稳、可靠、正确。然后在工作台面上装上 70%~80% 的允许负载，进行多次自动交换动作，达到正确无误后紧固各有关螺钉。

4) 仔细检查数控系统和 PLC 装置中参数设定值是否符合随机资料中规定数据，然后试验各主要操作功能、安全措施、常用指令执行情况等。例如，各种运动方式（手动、点动、自动方式等），主轴换档指令，各级转速指令等是否正确无误。

5) 检查辅助功能及附件的正常工作，例如机床的照明灯、冷却防护罩和各种护板是否完整；往冷却液箱中加满冷却液，试验喷管是否能正常喷出冷却液；在用冷却防护罩条件下冷却液是否外漏；排屑器能否正确工作；机床主轴箱的恒温油箱能否起作用等。

五、机床试运行

为了全面地检查机床功能及工作可靠性，数控机床在安装调试后，应在一定负载或空载下进行较长一段时间的自动运行考验。自动运行考验的时间，国家标准 GB9061—88 中规定，数控车床为 16h，加工中心为 32h，都要求连续运转。在自动运行期间，不应发生除操作失误引起以外的任何故障。如故障排除时间超过了规定时间，则应重新调整后再次从头进行运转考验。这项试验，国内外生产厂家都不太愿意进行，但从用户角度理应坚持。

第二节 数控机床的验收

在生产实际中，数控机床的验收是和安装、调试工作同步进行的，如机床开箱检验和外观检查合格才能进行安装；机床的试运行就是机床性能及数控功能检验的过程。由于验收工作是数控机床交付使用前的重要环节，因此有必要专门进行介绍。

一台数控机床全部检测验收工作是一项复杂的工作，对试验检测手段及技术要求也很高，它需要使用各种高精度仪器，对机床的机、电、液、气各部分及整机进行综合性能及单项性能检测，包括运行刚度和热变形等一系列试验，最后得出对该机床的综合评价。这项工作目前在国内还必须由国家指定的几个机床检测中心进行，才能得出权威性的结论意见，因此，这一类验收工作只适合于新型机床样机和行业产品评比检验。对一般数控机床用户，其验收工作主要根据机床出厂检验合格证上规定的验收条件，及实际能提供的检测手段，来部分地或全部地测定机床合格证上各项技术指标。检测的结果作为该机床的原始资料存入技术档案中，作为今后维修时的技术指标依据。

数控机床精度的验收同普通机床精度的验收差不多，验收的内容、方法及使用的检测仪器也基本上相同，只是要求更严、精度更高，使用的检测仪器精度也相应地要求更高些。与普通机床相比，数控机床多了数控功能，也就是数控系统按程序指令而实现的一些自动控制功能，包括各种补偿功能等，这是普通机床没有的。数控功能的检验，除了用手动操作或自动运行来检验这些功能有无以外，更重要的是检验其稳定性和可靠性。对一些重要的功能必须进行较长时间的连续空运转的考验，证明确实安全可靠后才能正式交付使用。

如果控制系统的稳定性、可靠性很差，影响正常使用，或精度检测中有重要项目的技术

指标不合格而影响使用,应及时向机床生产厂交涉,要求修理或重新调试,或索取经济赔偿。

一、开箱检验和外观检查

数控机床到厂后,设备管理部门要及时组织有关人员开箱检验。参加检验的人员应包括设备管理人员和设备安装人员、设备采购员等。如果是进口设备,还须有进口商务代理、海关商检人员等。检验的主要内容是:

- 1) 装箱单;
- 2) 核对应有的随机操作、维修说明书、图样资料、合格证等技术文件;
- 3) 按合同规定,对照装箱单清点附件、备件、工具的数量、规格及完好状况;
- 4) 检查主机、数控柜、操作台等有无明显撞碰损伤、变形、受潮、锈蚀等,并逐项如实填写“设备开箱验收登记卡”存档。

开箱验收如果发现有缺件或型号不符或设备已遭受撞碰损伤、变形、受潮、锈蚀等严重影响设备质量的情况,应及时向有关部门反映、查询、取证或索赔。

开箱检验虽然是一项清点工作,但也很重要,不能忽视。

机床外观检查是指不用仪器只用肉眼可以进行的各种检查。机床外观要求一般可按照通用机床有关标准,但数控机床是价格昂贵的高技术设备,对外观的要求就更高。对各防护罩、油漆质量、机床照明、切屑处理、电缆电线和油、气管路的走线和固定等都有进一步的要求。

二、机床性能及数控功能的检验

(一) 机床性能的检验

机床性能主要包括主轴系统性能,进给系统性能,自动换刀系统、电气装置、安全装置、润滑装置、气液装置及各附属装置等性能。

机床性能的检验内容一般都有十多项,不同类型的机床的检验项目有所不同。有的机床有气压、液压装置,有的机床没有这些装置;有的还有自动排屑装置、自动上料装置、主轴润滑恒温装置、接触式测头装置等。对于加工中心,还有刀库及自动换刀装置、工作台自动交换装置以及其他的附属装置,这些装置工作是否正常可靠都要进行检验。

数控机床性能的检验与普通机床基本一样,主要是通过“耳闻目睹”和试运转,检查各运动部件及辅助装置在启动、停止和运行中有无异常现象及噪声,润滑系统、油冷却系统以及各风扇等工作是否正常。现以一台立式加工中心为例说明一些主要的检验项目。

(1) 主轴系统性能

1) 用手动方式选择高、中、低三个主轴转速,连续进行5次正转和反转的启动和停止动作,检验主轴动作的灵活性和可靠性;

2) 用数据输入方式,主轴从最低一级转速开始运转,逐级提到允许的最高转速,实测各级转速数,允差为设定值的 $\pm 10\%$,同时观察机床的振动。主轴在长时间高速运转后(一般为2h)允许温升 15°C ;

3) 主轴准停装置连续操作5次,检验动作的可靠性和灵活性。

(2) 进给系统性能

1) 分别对各坐标进行手动操作,检验正、反方向的低、中、高速进给和快速移动的启动、停止、点动等动作的平稳性和可靠性;

2) 用数据输入方式或者 MDI 方式测定 G00 和 G01 下的各种进给速度, 允差 $\pm 5\%$ 。

(3) 自动换刀 (ATC) 系统

1) 检查自动换刀的可靠性和灵活性, 包括手动操作及自动运行时刀库满负载条件下 (装满各种刀柄) 运动平稳性, 刀库内刀号选择的准确性等;

2) 测定自动交换刀具的时间。

(4) 机床噪声 机床空运转时的总噪声不得超过标准 (80dB)。数控机床由于大量采用电调速装置, 主轴箱的齿轮往往不是最大噪声源, 而主轴电动机的冷却风扇和液压系统的液压泵的噪声等可能成为最大噪声源。

(5) 电气装置 在运转试验前后分别作一次绝缘检查, 检查接地线质量, 确认绝缘的可靠性。

(6) 数控装置 检查数控柜的各种指示灯, 检查纸带阅读机、操作面板、电柜冷却风扇和密封性等动作及功能是否正常可靠。

(7) 安全装置 检查对操作者的安全性和机床保护功能的可靠性。如各种安全防护罩, 机床各运动坐标行程极限保护自动停止功能, 各种电流电压过载保护和主轴电动机过热过负荷时紧急停止功能等。

(8) 润滑装置 检查定时定量润滑装置的可靠性, 检查润滑油路有无渗漏, 到各润滑点的油量分配等功能的可靠性。

(9) 气、液装置 检查压缩空气和液压油路的密封、调压功能, 液压油箱的正常工作情况。

(10) 附属装置 检查机床各附属装置的工作可靠性。如冷却液装置能否正常工作, 排屑器的工作质量, 冷却防护罩有无泄漏, APC 交换工作台工作是否正常, 试验带重负载的工作台面自动交换, 配置接触式测头的测量装置能否正常工作及有无相应测量程序等。

(二) 数控功能的检验

数控系统的功能随所配机床类型有所不同, 同型号的数控系统所具有的标准功能是一样的, 但是一台较先进的数控系统所具有的控制功能是很全的。对于一般用户来说并不是所有的功能都需要, 有些功能可以由用户根据本单位生产上的实际需要和经济情况选择, 这部分功能叫选择功能。当然, 选择功能越多价格越高。数控功能的检测验收要按照机床配备的数控系统的说明书和订货合同的规定, 用手动方式或用程序的方式检测该机床应该具备的主要功能。

数控功能检验主要内容有:

(1) 运动指令功能 检验快速移动指令和直线插补、圆弧插补指令的正确性。

(2) 准备指令功能 检验坐标系选择、平面选择、暂停、刀具长度补偿、刀具半径补偿、螺距误差补偿、反向间隙补偿、镜像功能、极坐标功能、自动加减速、固定循环及用户宏程序等指令的准确性。

(3) 操作功能 检验回原点、单程序段、程序段跳读、主轴和进给倍率调整、进给保持、紧急停止、主轴和冷却液的起动和停止等功能的准确性。

(4) CRT 显示功能 检验位置显示、程序显示、各菜单显示以及编辑修改等功能准确性。

数控功能检验的最好办法是自己编一个考机程序, 让机床在空载下连续自动运行 16h 或

32h。这个考机程序应包括：

- 1) 主轴转动要包括标称的最低、中间和最高转速在内五种以上速度的正转、反转及停止等运行；
- 2) 各坐标运动要包括标称的最低、中间和最高进给速度及快速移动，进给移动范围应接近全行程，快速移动距离应在各坐标轴全行程的二分之一以上；
- 3) 一般自动加工所用的一些功能和代码要尽量用到；
- 4) 自动换刀应至少交换刀库中三分之二以上的刀号，而且都要装上重量在中等以上的刀柄进行实际交换；
- 5) 必须使用的特殊功能，如测量功能、APC 交换和用户宏程序等。

用以上这样的程序连续运行，检查机床各项运动、动作的平稳性和可靠性，并且要强调在规定时间内不允许出故障，否则要在修理后重新开始规定时间考核，不允许分段进行累积到规定运行时间。

三、机床精度的验收

机床精度验收工作，必须在机床安装地基水泥完全干固，并按照 JB2670—82《金属切削机床精度检测通则》或 ISO/R230—1961《机床检测通则》有关条文安装调试好机床以后进行。检测内容主要包括几何精度、定位精度和切削精度。

(一) 机床几何精度的检验

数控机床的几何精度是综合反映该机床的各关键零部件及其组装后的几何形状误差。其检测内容和方法与普通机床相似，只是检测要求更高。普通立式加工中心主要检测以下几项：

- 1) 工作台面的平面度；
- 2) 各坐标方向移动的相互垂直度；
- 3) X、Y 坐标方向移动时工作台面的平行度；
- 4) X 坐标方向移动时工作台面 T 形槽侧面的平行度；
- 5) 主轴的轴向窜动；
- 6) 主轴孔的径向跳动；
- 7) 主轴箱沿 Z 坐标方向移动时主轴轴心线的平行度；
- 8) 主轴回转轴心线对工作台面的垂直度；
- 9) 主轴箱在 Z 坐标方向移动的直线度。

目前，国内检测机床几何精度的常用检测工具有精密水平仪、精密方箱、直角尺、平尺、平行光管、千分表、测微仪、高精度检验棒等。检测工具的精度必须比所测的几何精度高一个等级，否则测量的结果将是不可信的。每项几何精度的具体检测方法可照 JB2670—82《金属切削机床精度检测通则》、JB4369—86《数控卧式车床精度》、JB/T8771·1~7—1998《加工中心检验条件》等有关标准的要求进行，亦可按机床出厂时的几何精度检测项目要求进行。

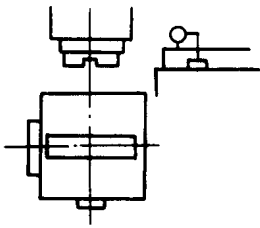
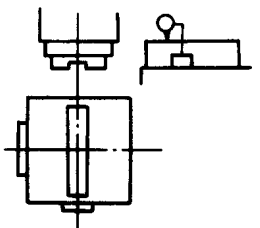
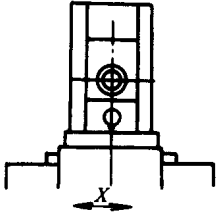
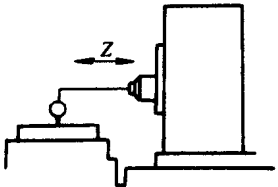
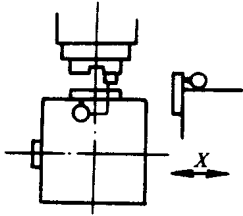
表 1-1 是一台卧式加工中心出厂时的几何精度检测项目，表 1-2 是一台斜床身、带转盘刀架的卧式数控车床几何精度检测项目，供参考。

机床几何精度的检测必须在机床精调后一次完成，不允许调整一项检测一项，因为几何精度有些项目是相互联系相互影响的。同时还要注意检测工具和测量方法造成的误差，例如表架的刚性、测微仪的重力、检验棒自身的振摆和弯曲等影响造成的误差。

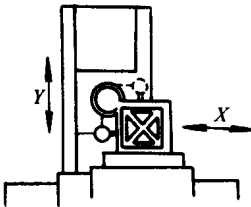
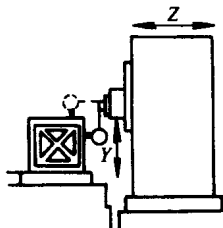
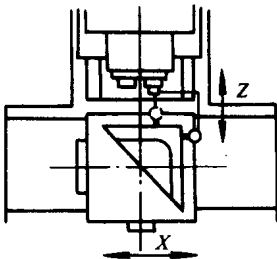
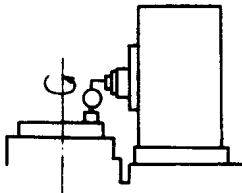
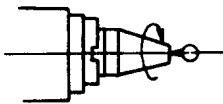
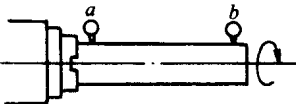
表 1-1 卧式加工中心几何精度检验项目

序号	检测内容	检测方法	允许误差/mm	实测误差
1	主轴箱沿 Z 轴方向移动的直线度	<div> <div>a</div> <div>X 轴方向</div> </div>	0.04/1000	
		<div> <div>b</div> <div>Z 轴方向</div> </div>		
		<div> <div>c</div> <div>Z-X 面内 Z 轴方向</div> </div>	0.01/500	
2	工作台沿 X 轴方向移动的直线度	<div> <div>a</div> <div>X 轴方向</div> </div>	0.04/1000	
		<div> <div>b</div> <div>Z 轴方向</div> </div>		
		<div> <div>c</div> <div>Z-X 面内 Z 轴方向</div> </div>	0.01/500	
3	主轴箱沿 Y 轴方向移动的直线度	<div> <div>a</div> <div>X-Y 平面</div> </div>	0.01/500	
		<div> <div>b</div> <div>Y-Z 平面</div> </div>		

(续)

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
4	工作面表面的直线度	X 方向		0.015/500	
		Z 方向		0.015/500	
5	X 轴移动工作台面的平行度			0.02/500	
6	Z 轴移动工作台面的平行度			0.02/500	
7	X 轴移动时工作台边界与定位器基准面的平行度			0.015/300	

(续)

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
8	各坐标轴之间的垂直度	X 和 Y 轴		0.015/300	
		Y 和 Z 轴		0.015/300	
		X 和 Z 轴		0.015/300	
9	回转工作台表面的振动			0.02/500	
10	主轴轴向跳动			0.005	
11	主轴孔径向跳动	a 靠主轴端		0.01	
		b 离主轴端 300mm 处		0.02	

(续)

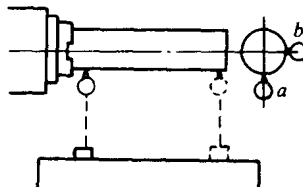
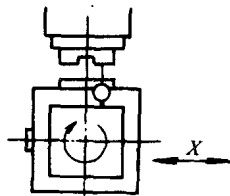
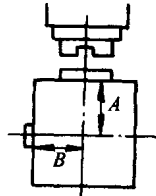
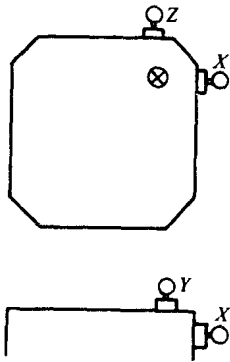
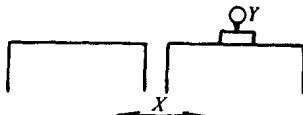
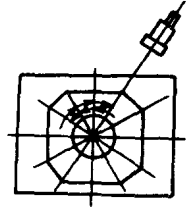
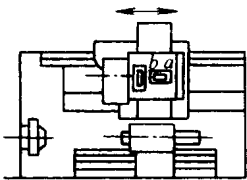
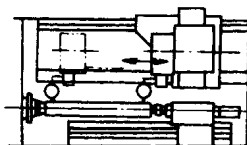
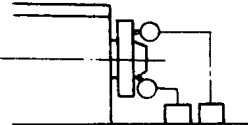
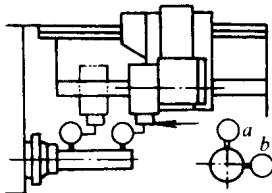
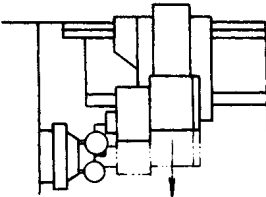
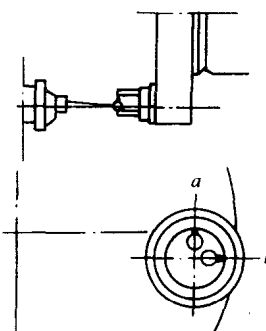
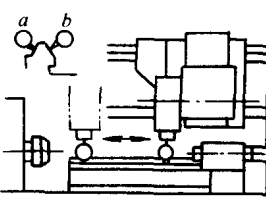
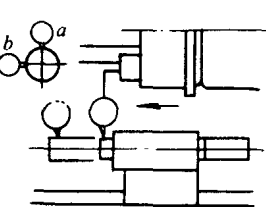
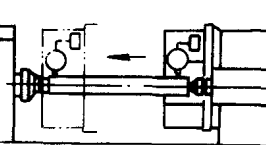
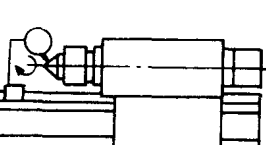
序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
12	主轴中心线对工作台面的平行度	a Y-Z 平面内		0.015/300	
		b X-Z 平面内			
13	回转工作台回转 90° 的垂直度			0.01	
14	回转工作台中心线到边界定位器基准面之间的距离精度	工作台 A		± 0.02	
		工作台 B			
15	交换工作台的重复交换定位精度	X 轴方向		0.01	
		Y 轴方向			
		Z 轴方向			
16	各交换工作台的等高度			0.02	
17	分度回转工作台的分度精度			10"	

表 1-2 卧式数控车床几何精度检验

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
1	往复式 Z 轴方向运动的 直线度	a Z 轴方向垂 直平面内		0.05/1000	
		b X 轴方向垂 直平面内		0.05/1000	
		c X 轴方向水 平面内		全长 0.01	
2	主轴端面跳动			0.02	
3	主轴径向跳动			0.02	
4	主轴中心线与往复式 Z 轴方向运动的平行度	a 垂直平面内		0.02/300	
		b 水平平面内		0.02/300	
5	主轴中心线与 X 轴的垂直度			0.02/200	

(续)

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
6	主轴中心线与刀具中心线的偏离程度	a 垂直平面内		0.05	
		b 水平平面内		0.05	
7	床身导轨面的平行度	a 山形外侧		0.02	
		b 山形内侧			
8	往复台 Z 轴方向运动与尾座中心线平行度	a 垂直平面内		0.02/100	
		b 水平平面内		0.01/100	
9	主轴与尾座中心线之间的高度偏差			0.03	
10	尾座回转径向跳动			0.02	

(二) 机床定位精度的检验

数控机床定位精度，是指机床各坐标轴在数控装置控制下运动所能达到的位置精度。数控机床的定位精度又可以理解为机床的运动精度。普通机床由手动进给，定位精度主要决定于读数误差，而数控机床的移动是靠数字程序指令实现的，故定位精度决定于数控系统和机械传动误差。机床各运动部件的运动是在数控装置的控制下完成的，各运动部件在程序指令控制下所能达到的精度直接反映加工零件所能达到的精度，所以，定位精度是一项很重要的检测内容。定位精度主要检测以下内容：

- 1) 各直线运动轴的定位精度和重复定位精度；
- 2) 直线运动各轴机械原点的复归精度；
- 3) 直线运动各轴的反向误差；
- 4) 回转运动（回转工作台）的定位精度和重复定位精度；
- 5) 回转运动的反向误差；
- 6) 回转轴原点的复归精度。

测量直线运动的检测工具有：测微仪和成组块规、标准刻度尺、光学读数显微镜和双频激光干涉仪等。回转运动检测工具：360 齿精确分度的标准转台或角度多面体、高精度圆光栅及平行光管等。

(1) 直线运动定位精度检测 直线运动定位精度一般都在机床和工作台空载条件下进行。按国家标准和国际标准化组织的规定（ISO 标准），对数控机床的检测，应以激光测量为准，如图 1-3a 所示。在没有激光干涉仪的情况下，对于一般用户来说也可以用标准刻度尺，配以光学读数显微镜进行比较测量，如图 1-3b 所示。但是，测量仪器精度必须比被测的精度要高 1~2 个等级。

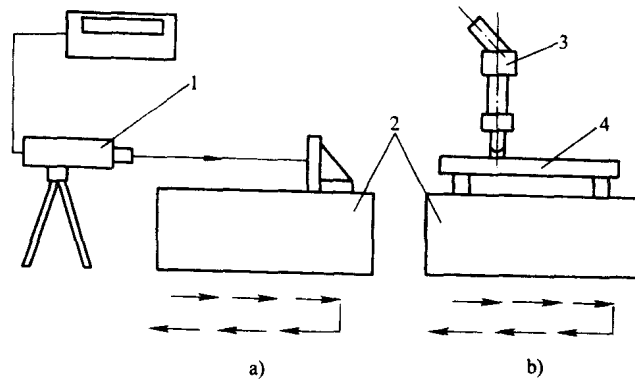


图 1-3 直线运动定位精度检测方法

a) 激光测量 b) 标准尺比较测量

1—激光测距仪 2—工作台 3—光学读数显微镜 4—标准刻度尺

为了反映出多次定位中的全部误差，ISO 标准规定每一个定位点按五次测量数据算平均值和散差 $\pm 3\sigma$ ，这时的定位精度曲线，是一个由各定位平均值连贯起来的一条曲线加上 $\pm 3\sigma$ 散差带构成的定位点散差带，如图 1-4 所示。

(2) 直线运动重复定位精度检测 检测用的仪器与检测定位精度所用的相同。一般检测方法是在靠近各坐标行程中点及两端的任意三个位置进行测量，每个位置用快速移动定位，在相同条件下重复作七次定位，测出停止位置数值并求出读数最大差值。以三个位置中最大

一个差值的二分之一，附上正负符号，作为该坐标的重复定位精度，它是反映轴运动精度稳定性的最基本的指标。

(3) 直线运动的原点返回精度检测 原点返回精度，实质上是该坐标轴上一个特殊点的重复定位精度，因此它的检测方法完全与重复定位精度相同。

(4) 直线运动的反向误差检测 直线运动的反向误差，也叫失动量，它包括该坐标轴进给传动链上驱动部件（如伺服电动机、伺服液压马达和步进电动机等）的反向死区，各机械运动传动副的反向间隙和弹性变形等误差的综合反映。误差越大，则定位精度和重复定位精度也越差。

反向误差的检测方法是在所测坐标轴的行程内，预先向正向或反向移动一个距离并以此停止位置为基准，再在同一方向给予一定移动指令值，使之移动一段距离，然后再往相反方向移动相同的距离，测量停止位置与基准位置之差，如图 1-5 所示。在靠近行程的中点及两端的三个位置分别进行多次测定（一般为七次），求出各个位置上的平均值，以所得平均值中的最大值为反向误差值。

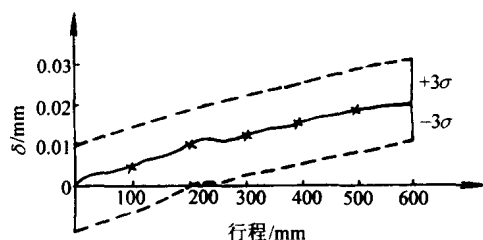


图 1-4 定位精度曲线

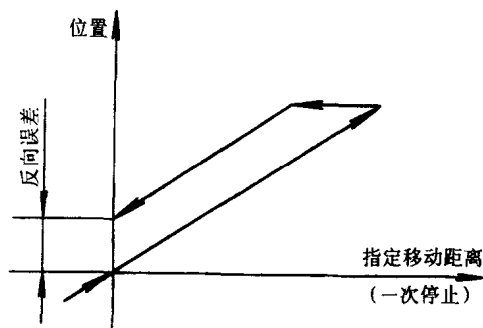


图 1-5 反向误差测定

(5) 回转工作台的定位精度检测 测量工具有标准转台、角度多面体、圆光栅及平行光管（准直仪）等，可根据具体情况选用。测量方法是使工作台正向（或反向）转一个角度并停止、锁紧、定位，以此位置作为基准，然后向同方向快速转动工作台，每隔 30° 锁紧定位，进行测量。正向转和反向转各测量一周，各定位位置的实际转角与理论值（指令值）之差的最大值为分度误差。如果是数控回转工作台，应以每 30° 为一个目标位置，对于每个目标位置从正、反两个方向进行快速定位七次，实际达到位置与目标位置之差即位置偏差，再按 GB10931—89《数字控制机床 位置精度的评定方法》规定的方法计算出平均位置偏差和标准偏差，所有平均位置偏差与标准偏差的最大值的和与所有平均位置偏差与标准偏差的最小值的和之差值，就是数控回转工作台的定位精度误差。

考虑到实际使用要求，一般对 0° 、 90° 、 180° 、 270° 等几个直角等分点作重点测量，要求这些点的精度较其他角度位置提高一个等级。

(6) 回转工作台的重复分度精度检测 测量方法是在回转工作台的一周内任选三个位置重复定位三次，分别在正、反方向转动下进行检测。所有读数值中与相应位置的理论值之差的最大值为重复分度精度。如果是数控回转工作台，要以每 30° 取一个测量点作为目标位置，分别对各目标位置从正、反两个方向进行五次快速定位，测出实际到达的位置与目标位置之差值，即位置偏差，再按 GB10931—89 规定的方法计算出标准偏差，各测量点的标准

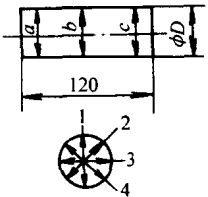
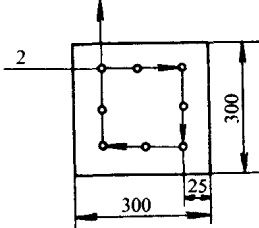
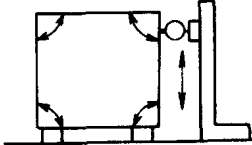
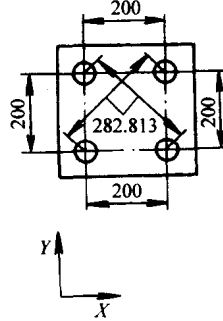
偏差中最大值的 6 倍，就是数控回转工作台的重复分度精度。

(7) 回转工作台的原点复归精度检测 测量方法是从七个任意位置分别进行一次原点复归，测定其停止位置，以读出的最大差值作为原点复归精度。

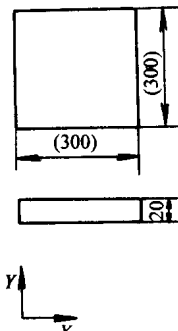
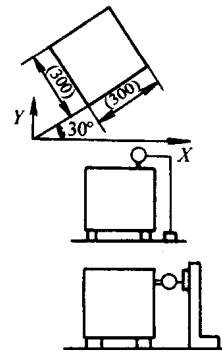
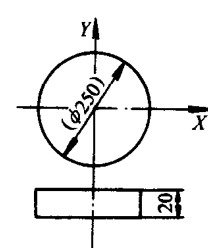
(三) 机床切削精度的检验

机床的切削精度是一项综合精度，它不仅反映了机床的几何精度和定位精度，同时还包括了试件的材料、环境温度、刀具性能以及切削条件等各种因素造成的误差和计量误差。为了反映机床的真实精度，要尽量排除其他因素的影响。切削试件时可参照 JB2670—82 规定的有关条文的要求进行，或按机床厂规定的条件，如试件材料、刀具技术要求、主轴转速、背吃刀量、进给速度、环境温度以及切削前的机床空运转时间等。切削精度检验可分单项加工精度检验和加工一个标准的综合性试件精度检验两种。表 1-3 为卧式加工中心切削精度检验内容。表 1-4 为数控卧式车床切削精度检验内容。

表 1-3 卧式加工中心切削精度检测项目

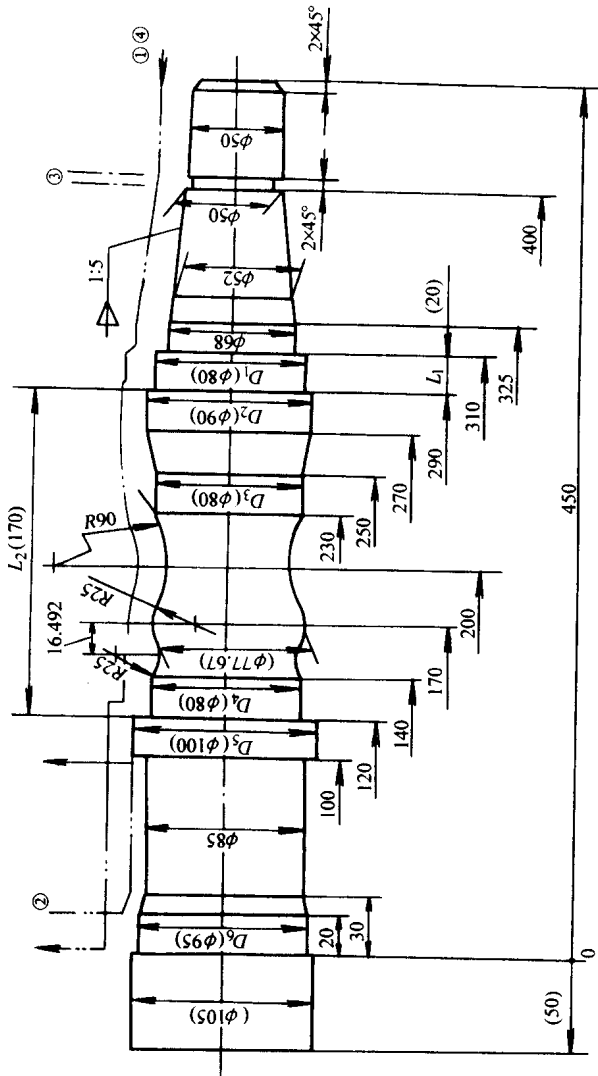
序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
1	镗孔精度	圆度		0.01	
		圆柱度		0.01/100	
2	端铣刀铣平面精度	平面度		0.01	
		阶梯差		0.01	
3	端铣刀铣侧面精度	垂直度		0.02/300	
		平行度		0.02/300	
4	镗孔孔距精度	X 轴方向		0.02	
		Y 轴方向			
		对角线方向		0.03	
		孔径偏差		0.01	

(续)

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
5	立铣刀铣削四周面精度	直线度		0.01/300	
		平行度		0.02/300	
		厚度差		0.03	
		垂直度		0.02/300	
6	两轴联动铣削直线精度	直线度		0.015/300	
		平行度		0.03/300	
		垂直度		0.03/300	
7	立铣刀铣削圆弧精度			0.02	

要保证切削精度，就必须要求机床的几何精度和定位精度的实际误差要比允差小。例如某台加工中心的直线运动定位允差为 $\pm 0.01/300\text{mm}$ 、重复定位允差 $\pm 0.007\text{mm}$ 、失动量允差 0.015mm ，但镗孔的孔距精度要求为 $0.02/200\text{mm}$ ，不考虑加工误差，在该坐标定位时，若在满足定位允差的条件下，只算失动量允差加重复定位允差（ $0.015\text{mm} + 0.014\text{mm} = 0.029\text{mm}$ ），即已大于孔距允差 0.02mm 。所以，机床的几何精度和定位精度合格，切削精度不一定合格。只有定位精度和重复定位精度的实际误差大大小于允差，才能保证切削精度合格。因此，当单项定位精度有个别项目不合时，可以以实际的切削精度为准。一般情况下，各项切削精度的实测误差值为允差值的50%，是比较好的。个别关键项目能在允差值的1/3左右，可以认为该机床的此项精度是相当理想的。对影响机床使用的关键项目，如果实测值超差，应视为不合格。

P4 车削综合试件
a. 轴类试件
(适用有尾座的机床)
材料: 45 钢

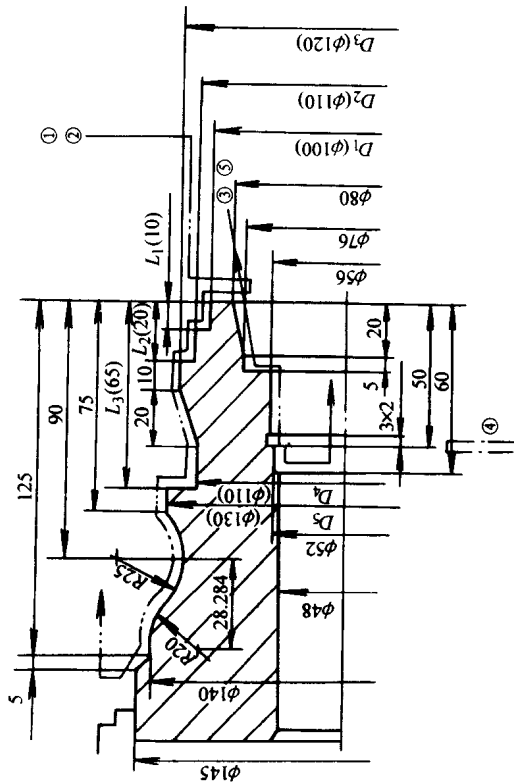


注: 1. 编程时进给途径和次数可以不同;
2. 小规格机床试件尺寸可适当缩小;
大规格机床试件尺寸可适当放大;
3. 尺寸精度为实测尺寸与指令值的差值;
4. 具备螺距补偿装置、间隙补偿装置的机床, 应在使用这些装置的条件下进行试验。

序号	检验项目		允差/mm
1	圆度 (直径差)	D_6	0.015
2	直径尺寸精度	D_3 、 D_4 、 D_6	± 0.025
3	直径尺寸精度	D_1 、 D_2 、 D_5	± 0.020
4	直径尺寸差	$D_2 - D_1 = 10$	± 0.015
5	直径尺寸差	$D_3 - D_4 = 0$	± 0.020
6	长度尺寸精度		$L_1 = 20$ ± 0.025
			$L_2 = 170$ ± 0.035

(续)

b. 盘类试件
(适用于无尾座的机床)
材料: 45 钢



注: 1. 编程时进给途径可以不同;
2. 小规格机床试件直径可适当缩小;
大规格机床试件直径可适当放大;
3. 尺寸精度为实测尺寸与指令值的差值;
4. 具备螺距补偿装置、间隙补偿装置的机床, 应在使用这些装置的条件下进行试验。

序号	检验项目	允差/mm
1	圆度 (直径差)	0.015
2	直径尺寸精度	± 0.025
3	直径尺寸精度	± 0.020
4	直径尺寸差	± 0.015
5	直径尺寸差	± 0.015
6	直径尺寸差	± 0.020
7	长度尺寸精度	$L_1 = 10$ ± 0.025
		$L_2 = 20$ ± 0.025
		$L_3 = 65$ ± 0.035

思 考 题

1. 数控机床安装、调试过程有哪些工作内容？
2. 数控机床安装、调试时为什么要进行参数的设定和确认？
3. 数控功能检验包括哪些内容？如何进行检验？
4. 数控机床的精度检验包括哪些内容？
5. 为什么说数控机床的定位精度是一项很重要的检测内容？

技 能 训 练

1. 参与一台数控机床的安装、调试工作。
2. 选择一台卧式数控车床或加工中心，参照有关国家标准和机床行业标准，进行精度检验实训。

第二章 数控机床的调整

数控机床的拆卸、装配与调整是数控机床维修的重要环节。选择合理、规范的拆卸和装配方法,能避免被拆卸件的损坏,并有效地保持机床原有精度。数控机床的调整,则主要是在零件之间,通过选择适宜的配合关系和调整方法,使机床具有正常的工作性能与合理的工作精度。机床各部件的调整,必须在拆卸、维修一开始就考虑这一问题,它是在维修及装配过程中进行的,不能等到各零部件装配完毕后才着手进行。

第一节 主轴部件的结构与调整

主轴是机床各部件中的重要部件之一。主轴部件的结构及工作性能,直接影响被加工零件精度、加工质量和机床生产率以及刀具的寿命。与同类的普通机床比较,数控机床主轴部件结构要复杂一些。下面介绍几种常见的数控机床主轴部件的结构及其调整。

一、CK7815 型数控车床主轴部件的结构与调整

1. 主轴部件结构

图 2-1 是 CK7815 型数控车床主轴部件结构图,该主轴工作转速范围为 15~5000r/min。主轴 9 前端采用三个角接触球轴承 12,通过前支承套 14 支承,由螺母 11 预紧。后端采用圆柱滚子轴承 15 支承,径向间隙由螺母 3 和螺母 7 调整。螺母 8 和螺母 10 分别用来锁紧螺母 7 和螺母 11,防止螺母 7 和 11 的回松。带轮 2 直接安装在主轴 9 上(不卸荷)。同步带轮 1 安装在主轴 9 后端支承与带轮之间,通过同步带和安装在主轴脉冲发生器 4 轴上的另一同步带轮,带动主轴脉冲发生器 4 和主轴同步运动。在主轴前端,安装有液压卡盘或其他夹具。

2. 主轴部件的拆卸与调整

(1) 主轴部件的拆卸 主轴部件在维修时需要进行拆卸。拆卸前应做好工作场地清理、清洁工作和拆卸工具及资料的准备工作,然后进行拆卸操作。拆卸操作顺序大致如下:

1) 切断总电源及主轴脉冲发生器电器线路。总电源切断后,应拆下保险装置,防止他人误合闸而引起事故;

2) 切断液压卡盘(图 2-1 中未画出)油路,排放掉主轴部件及相关各部润滑油。油路切断后,应放尽管内余油,避免油溢出污染环境,管口应包扎,防止灰尘及杂物侵入;

3) 拆下液压卡盘(图 2-1 中未画出)及主轴后端液压缸等部件。排尽油管中余油并包扎管口;

4) 拆下电动机传动带及主轴后端带轮和键;

5) 拆下主轴后端螺母 3;

6) 松开螺钉 5,拆下支架 6 上的螺钉,拆去主轴脉冲发生器(含支架、同步带);

7) 拆下同步带轮 1 和后端油封件;

8) 拆下主轴后支承处轴向定位盘螺钉;

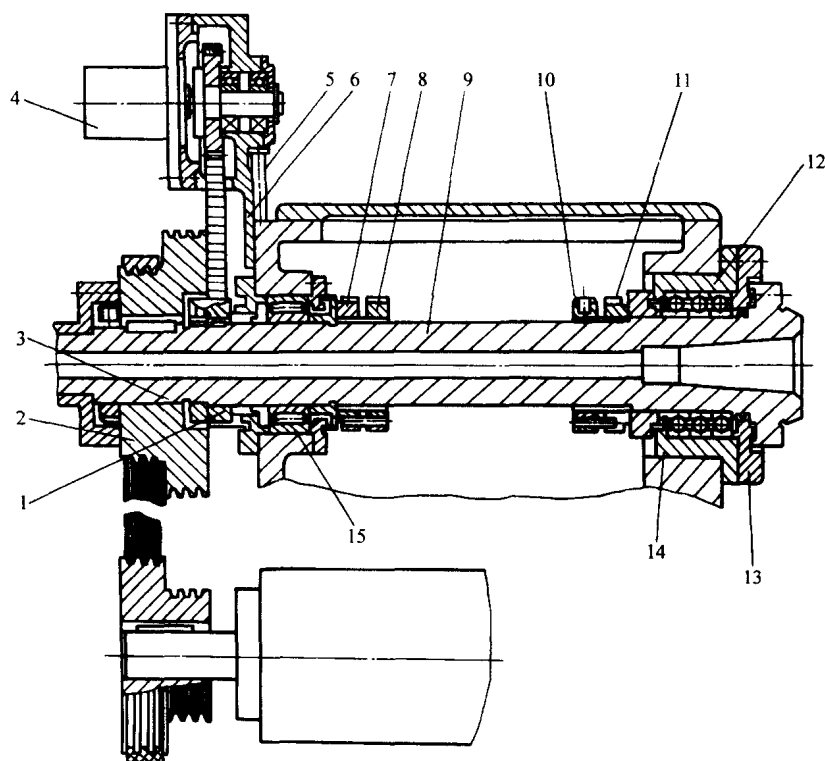


图 2-1 CK7815 型数控车床主轴部件结构图

1—同步带轮 2—带轮 3、7、8、10、11—螺母 4—主轴脉冲发生器 5—螺钉 6—支架
9—主轴 12—角接触球轴承 13—前端盖 14—前支承套 15—圆柱滚子轴承

- 9) 拆下主轴前支承套螺钉；
- 10) 拆下（向前端方向）主轴部件；
- 11) 拆下圆柱滚子轴承 15 和轴向定位盘及油封；
- 12) 拆下螺母 7 和螺母 8；
- 13) 拆下螺母 10 和螺母 11 以及前油封；
- 14) 拆下主轴 9 和前端盖 13。主轴拆下后要轻放，不得碰伤各部螺纹及圆柱表面；
- 15) 拆下角接触球轴承 12 和前支承套 14。

以上各部件、零件拆卸后，应清洗及防锈处理，并妥善存放保管。

(2) 主轴部件装配及调整 装配前，各零件、部件应严格清洗，需要预先加涂油的部位应加涂油。装配设备、装配工具以及装配方法，应根据装配要求及配合部位的性质选取。操作者必须注意，不正确或不规范的装配方法，将影响装配精度和装配质量，甚至损坏被装配件。

对 CK7815 数控车床主轴部件的装配过程，可大体依据拆卸顺序逆向操作，这里就不再叙述。主轴部件装配时的调整，应注意以下几个部位的操作：

1) 前端三个角接触球轴承，应注意前面两个大口向外，朝向主轴前端，后一个大口向里（与前面两个相反方向）。预紧螺母 11 的预紧量应适当（查阅制造厂家说明书），预紧后一定要注意用螺母 10 锁紧，防止回松；

2) 后端圆柱滚子轴承的径向间隙由螺母 3 和螺母 7 调整。调整后通过螺母 8 锁紧，防

止回松；

3) 为保证主轴脉冲发生器与主轴转动的同步精度，同步带的张紧力应合理。调整时，先略略松开支架 6 上的螺钉，然后调整螺钉 5，使之张紧同步带。同步带张紧后，再旋紧支架 6 上的紧固螺钉；

4) 液压卡盘装配调整时，应充分清洗卡盘内锥面和主轴前端外短锥面，保证卡盘与主轴短锥面的良好接触。卡盘与主轴联接螺钉旋紧时应对角均匀施力，以保证卡盘的工作定心精度。

5) 液压卡盘驱动液压缸（图 2-1 中未画出）安装时，应调整好卡盘拉杆长度，保证驱动液压缸有足够的、合理的夹紧行程储备量。

二、NT-J320A 型数控铣床主轴部件的结构与调整

1. 主轴部件结构

图 2-2 是 NT-J320A 型数控铣床主轴部件结构图。该机床主轴可作轴向运动，主轴的轴向运动坐标轴为数控装置中的 Z 轴。轴向运动由直流伺服电动机 16，经齿形带轮 13、15，同步带 14，带动丝杠 17 转动，通过丝杠螺母 7 和螺母支承 10 使主轴套筒 6 带动主轴 5 作轴向运动，同时也带动脉冲编码器 12，发出反馈脉冲信号进行控制。

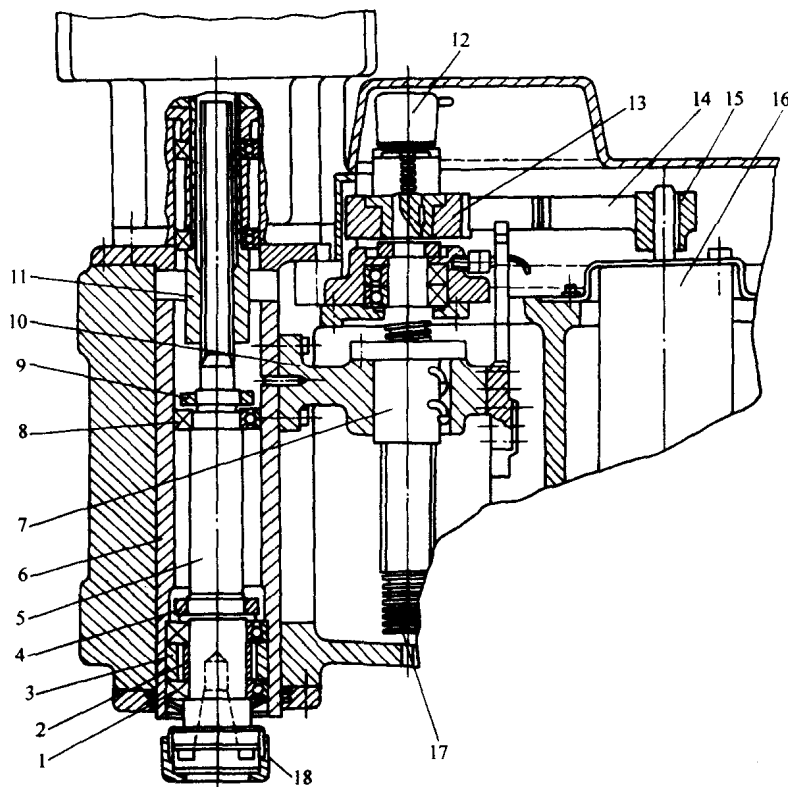


图 2-2 NT-J320A 型数控铣床主轴部件结构图

- 1—角接触球轴承 2、3—轴承隔套 4、9—圆螺母 5—主轴 6—主轴套筒 7—丝杠螺母
8—深沟球轴承 10—螺母支承 11—花键套 12—脉冲编码器 13、15—同步带轮
14—同步带 16—伺服电动机 17—丝杠 18—快换夹头

主轴为实心轴，上端为花键，通过花键套 11 与变速箱联接，带动主轴旋转。主轴前端

采用两个特轻系列角接触球轴承 1 支承，两个轴承背靠背安装，通过轴承内圈隔套 2，外圈隔套 3 和主轴台阶与主轴轴向定位，用圆螺母 4 预紧，消除轴承轴向间隙和径向间隙。后端采用深沟球轴承，与前端组成一个相对于套筒的双支点单固式支承。主轴前端锥孔为 7:24 锥度，用于刀柄定位。主轴前端端面键，用于传递铣削转矩。快换夹头 18 用于快速松、夹刀具。

2. 主轴部件的拆卸与调整

(1) 主轴部件的拆卸 主轴部件维修拆卸前的准备工作与前述数控机床主轴部件拆卸准备工作相同。在准备就绪后，即可进行如下顺序的拆卸工作：

- 1) 切断总电源及脉冲编码器 12 以及主轴电动机等电器的线路；
- 2) 拆下主轴电动机法兰盘联接螺钉；
- 3) 拆下主轴电动机及花键套 11 等部件（根据具体情况，也可不拆此部分）；
- 4) 拆下罩壳螺钉，卸掉上罩壳；
- 5) 拆下丝杠座螺钉；
- 6) 拆下螺母支承 10 与主轴套筒 6 的联接螺钉；
- 7) 向右移动丝杠 7 和螺母支承 10 等部件，卸下同步带 14 和螺母支承 10 处与主轴套筒联接的定位销；
- 8) 卸下主轴部件；
- 9) 拆下主轴部件前端法兰和油封；
- 10) 拆下主轴套筒；
- 11) 拆下圆螺母 4 和 9；
- 12) 拆下前后轴承 1 和 8 以及轴承隔套 2 和 3；
- 13) 拆下快换夹头 18。

拆卸后的零件、部件应进行清洗和防锈处理，并妥善保管存放。

(2) 主轴部件的装配及调整 装配前的准备工作与前述车床相同。装配设备，工具及装配方法根据装配要求和装配部位配合性质选取。

装配顺序可大体按拆卸顺序逆向操作。机床主轴部件装配调整时应注意以下几点：

- 1) 为保证主轴工作精度，调整时应注意调整好预紧螺母 4 的预紧量；
- 2) 前后轴承应保证有足够的润滑油；
- 3) 螺母支承 10 与主轴套筒的联接螺钉要充分旋紧；
- 4) 为保证脉冲编码器与主轴的同步精度，调整时同步带 14 应保证合理的张紧量。

三、THK6380 加工中心主轴部件的结构与调整

1. 主轴部件结构

图 2-3 为 THK6380 加工中心主轴部件结构图。其结构如下：

(1) 刀具自动夹紧装置 刀具自动夹紧装置中的刀夹 1 内孔用来安装刀具，刀夹 1 的夹紧与松开动作由弹簧夹头 2 和轴向拉紧机构控制。弹簧夹头 2 与拉套 10 螺纹连接，拉套 10 左端螺纹部分开有轴向槽，其内孔为锥孔，锁紧件 8 旋入拉套 10 左端内螺纹孔内，在锁紧件 8 外锥体作用下，使拉套 10 开有轴向槽的螺纹部分与弹簧夹头 2 上的螺纹连接撑死而紧住。主轴 11 后端有碟形弹簧 18，在弹簧力作用下，拉套 10 向右拉紧弹簧夹头 2，将刀夹 1 紧紧夹住。为使刀夹 1 在主轴孔内准确定位，固定在主轴 11 上的小轴 6 上有一定位螺钉 5，

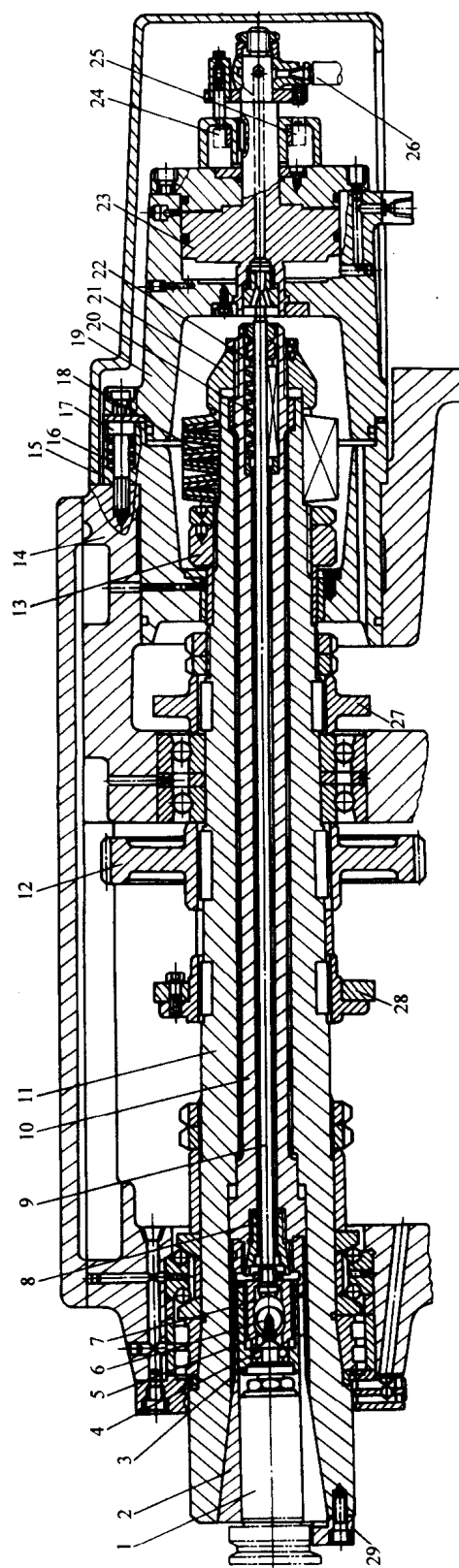


图 2-3 THK6380 加工中心主轴部件结构图

- 1—刀夹 2—弹簧夹头 3—套筒 4—钢球 5—定位螺钉 6—定位小轴 7—定位套筒 8—锁紧件 9—拉杆 10—拉套
 11—主轴 12—齿轮 13—圆螺母 14—主轴承 15—连接座 16—连接弹簧 17—螺钉 18、20—碟形弹簧
 19—液压缸支架 21—套筒 22—垫圈 23—活塞 24、25—继电器 26—压缩空气管接头 27、28—凸轮 29—定位块

其端面即是刀夹 1 的轴向定位面。装在拉杆 9 右端的碟形弹簧 20 使拉杆 9 经常承受向右的弹簧力作用, 固定在拉杆 9 左端的定位套筒 7 内的钢球 4 就将刀夹 1 右端轴颈夹持并向右拉动, 直至刀夹 1 右端面紧靠在定位螺钉 5 的定位端面上。

以上看出, 刀夹 1 被夹持的动力主要决定于碟形弹簧 18 的弹力, 刀夹 1 轴向定位的拉紧力主要决定于碟形弹簧 20 的弹力。刀夹 1 的松开是由主轴后端的液压缸提供动力。当液压缸右腔进入压力油时, 液压缸中的活塞 23 向左移动, 液压缸活塞 23 的左端面首先推动拉杆左移, 同时碟形弹簧 20 被压缩, 拉杆 9 左端的定位套筒 7 左移 (此时固定在主轴 11 上的定位轴 6 因主轴不动而不移动)。由于定位套筒 7 左移, 使钢球 4 进入套筒 3 (套筒 3 也不移动) 的大直径部分, 使得刀夹 1 由拉紧状态变成放松状态, 而且当拔取刀夹 1 时, 钢球 4 能径向退让开。当活塞 23 继续左移时, 使左端面外圈与拉套 10 右端面接触, 且活塞 23 再向前移动压缩碟形弹簧 18 并推动拉套 10 向左移, 从而使与拉套 10 相连的弹簧夹头 2 同时向左移动而松开, 刀夹 1 即不再受夹紧力并可从主轴中取出。

加工中心具有存储刀具的刀库, 刀具和刀夹组合好后按给定的位置存入刀库。当加工程序间需要更换刀具时, 根据程序指令, 由机械手将已不再受夹紧力的刀具连同刀夹从主轴中取出, 放回刀库中给定位置, 然后再将下一加工程序所需要的刀具连同刀夹从刀库中取出并插入主轴中的弹簧夹头内。

当机械手将新更换的刀具连同刀夹插入主轴中的弹簧夹头 2 内后, 刀夹 1 的尾部顶在定位螺钉 5 端面上, 这时发出夹紧信号, 主轴后端液压缸左腔进入压力油, 液压缸活塞 23 向右移动复位, 此时在碟形弹簧 18 和 20 弹簧力作用下, 刀夹 1 被弹簧夹头 2 夹紧和拉紧。松开刀夹 1 时, 为使主轴轴承免受来自液压缸活塞的推力, 在结构上采用了卸荷措施。即将液压缸支架 19 与主轴箱 14 间采用浮动连接方式, 液压缸支架 19 是用螺钉与连接座 15 固定连接的, 而连接座 15 则是用螺钉 17 通过弹簧 16 压紧在主轴箱 14 后端面上的。当液压缸右腔通压力油而活塞 23 左移时, 液压缸的右端面也同时承受液压作用力, 此时整个液压缸支架 19 及连接座 15 压缩弹簧 16 而向右移动, 使连接座 15 的右端面与主轴上的螺母 13 压紧, 这样在松开刀夹 1 时, 液压作用力直接由连接座 15 及液压缸支架 19 承受, 因此, 主轴不承受液压推力作用。

(2) 清洁装置 当机械手将使用过的刀具连同刀夹取出后, 主轴后端的液压缸活塞中心孔通入压缩空气, 经垫圈 22 的径向孔进入主轴前端弹簧夹头 2 内, 将夹头内的脏物或铁屑吹掉, 保证弹簧夹头与刀夹接触面的清洁。

(3) 主轴准停装置 图 2-4 是主轴准停装置原理图。由图 2-3 可以看到, 主轴 11 前端装有定位块 29, 刀夹 1 插入时, 其上的缺口必须与定位块 29 对准, 使定位块正好与刀夹 1 的缺口相接合, 切削加工时传递扭矩。当机械手将刀具连同刀夹 1 抓取时, 刀夹 1 的缺口位置就在机械手中确定, 这就要求主轴 11 上的定位块 29 每次必须停止在一个相对固定的位置上, 才能顺利地实现刀具的安装。图 2-3 中的件 27 和 28 即是供主轴准停用的凸轮。

该机床主轴准停装置工作原理如图 2-4 所示。机床数控系统发出准停指令时, 电器系统自动调整主轴至最低转速, 约 0.2~0.6s 后定位凸轮 28 的定位器液压缸与压力油接通, 活塞压缩弹簧并使滚子与定位凸轮 28 的外圆接触。当主轴旋转使滚子落入定位凸轮 28 的直线部分时, 由于活塞杆的移动, 与其相连的挡块使微动开关 a 动作, 通过控制回路的作用,

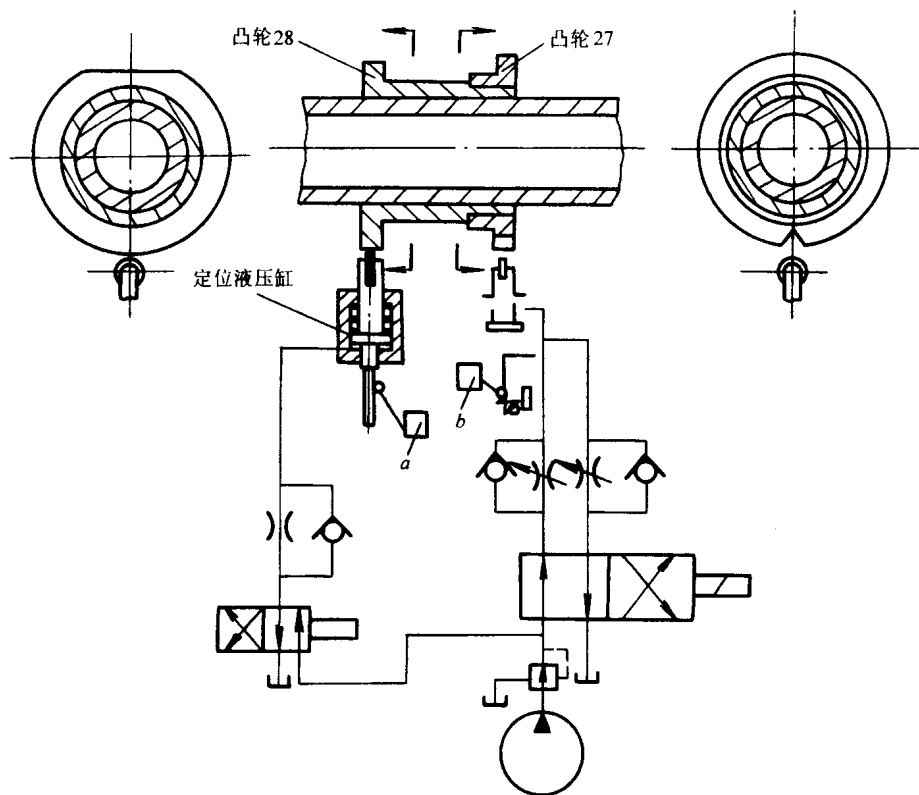


图 2-4 主轴准停装置原理图

一方面使主轴传动的各电磁离合器都脱开而使主轴以惯性慢慢转动，并且断开定位凸轮 27 的定位器液压缸的压力油，在弹簧力作用下，活塞杆带动滚子退回。另一方面，隔 0.2~0.5s 后，定位凸轮 27 的定位器液压缸下腔接通压力油，活塞杆带着滚子移动，使滚子与定位凸轮 27 的外圆接触。当主轴以惯性转动，使滚子落入定位凸轮 27 上的 V 形槽内时，即将主轴定位，同时微动开关 b 动作，发出主轴准停完毕信号。当刀具连同刀夹装入主轴并使主轴重新转动时，先发出信号控制换向阀使凸轮 27 的油路变换，将定位器滚子从定位凸轮 27 的 V 形槽中退出，同时使微动开关动作，发出主轴准停定位器释放信号。

2. THK6380 加工中心主轴部件的拆卸与调整

(1) 主轴部件的拆卸 在切断总电源和做好拆卸前的准备工作后可按如下顺序进行拆卸工作：

- 1) 拆下主轴前端压盖螺钉，卸下压盖；
- 2) 拆下主轴后端防护罩壳；
- 3) 拆卸与主轴部件相连的油、气管路，排放尽余油，包扎好管口，以防尘屑进入管内；
- 4) 拆下液压缸支架 19 上的螺钉，取出液压缸支架 19 及隔圈，并包扎好管口；
- 5) 拆卸套筒 21 前，先测量好碟形弹簧 18 的安装高度，做好记录供装配时参照。拆下右端圆螺母，分别取出套筒 21、垫圈、碟形弹簧 18；

6) 拆下锁紧螺母和圆螺母 13，再拆下连接座 15 的螺钉 17，取出弹簧 16、连接座 15，在拆卸螺钉 17 前，测出弹簧 16 的压缩量或螺钉 17 头部端面到连接座 15 端面距离尺寸，做

好记录供装配时参照；另外还应保持每个螺钉 17 和其组合的弹簧 16 原组合不变，装配时原配组装到原安装位置上；

7) 抽出主轴上右端（图螺母 13 前）的轴向定位套（也可拆下主轴箱盖后进行）；

8) 拆下主轴箱盖及凸轮 27 右边两圆螺母，做好凸轮 27 上 V 形槽与主轴在圆周上相对位置记号，拆下凸轮 27，取出平键；

9) 拆下前支承调整用圆螺母，同时做好凸轮 28 的相对安装位置记号；

10) 将主轴向左拉动移位（最好使用专用拆卸工具），一边拉动主轴移位，一边用敲击方法拆凸轮 28、传动齿轮 12 及背对背安装的角接触球轴承。在主轴向左移位过程中，应注意防止支承轴脱离定位面时主轴自重产生忽然倾斜造成主轴表面碰伤和弯曲变形。在主轴支承即将脱离定位面前，应采取加装浮动支承等方法来保证安全拆卸；

11) 当齿轮 12 与其平键处于脱离状态后，取出平键，然后向右拆卸凸轮 28 组件，同时将主轴 11 及部分剩下零件向左从主轴箱抽出，然后将主轴 11 妥善安放待进一步拆卸，再从主轴箱体中取出凸轮 28 组件及齿轮 12；

12) 拆卸前支承主件；

13) 测出垫圈 22 右边锁紧圆螺母端面到拉杆 9 或拉套 10 右端面的安装距离尺寸，并做好记录供装配时参考。然后依次拆下锁紧螺母的紧定螺钉，拆下两个圆螺母；

14) 拆下定位小轴上的定位螺钉 5；

15) 拆下定位小轴 6；

16) 将主轴内刀具夹紧装置从主轴孔（前锥孔内）抽出；

17) 分解刀具自动夹紧装置；

18) 将分解出来的主轴 11、拉杆 9、拉套 10 等细长零件清洗，涂油保护后垂直挂放，防止弯曲变形。然后再分别分解和清洗其余各零件，并妥善存放保管。

以上介绍的主轴部件拆卸顺序，并非固定的惟一顺序，有些顺序是可以变换或同时进行的，操作时应根据具体情况安排拆卸顺序。

(2) 主轴部件的装配及调整 装配前应做好准备工作，各零部件应严格清洗，需预先加涂油的部位应加涂油。装配设备、工具及装配方法根据装配要求和配合性质选取。对于装配顺序，大体可依据前述拆卸顺序逆向操作即可。

对于主轴部件的调整，重点要注意以下几个部位：

1) 主轴前端轴承安装方向和预紧量调整；

2) 凸轮 28 的相对安装位置；

3) 凸轮 27 上 V 形槽与主轴在圆周上的相对位置；

4) 弹簧 16 的压缩量；

5) 碟形弹簧的安装高度；

6) 主轴重要表面的防护；

7) 注意夹紧行程储备量的调整。

以上各部分的调整要求，在介绍各零部件功能和拆卸顺序时已讲述，这里主要是提示操作者对上述部位的调整要特别注意。

第二节 进给传动系统部件的调整

一、数控机床进给传动系统布置形式

数控机床进给传动系统布置形式,一般采用水平布置和垂直布置。当进给传动系统水平布置时,数控机床与普通机床基本结构上没有多大区别,只是数控机床绝大多数采用的是滚珠丝杠副,以减少丝杠副摩擦,提高运动灵敏度。进给传动系统结构水平布置形式如图 2-5 所示。

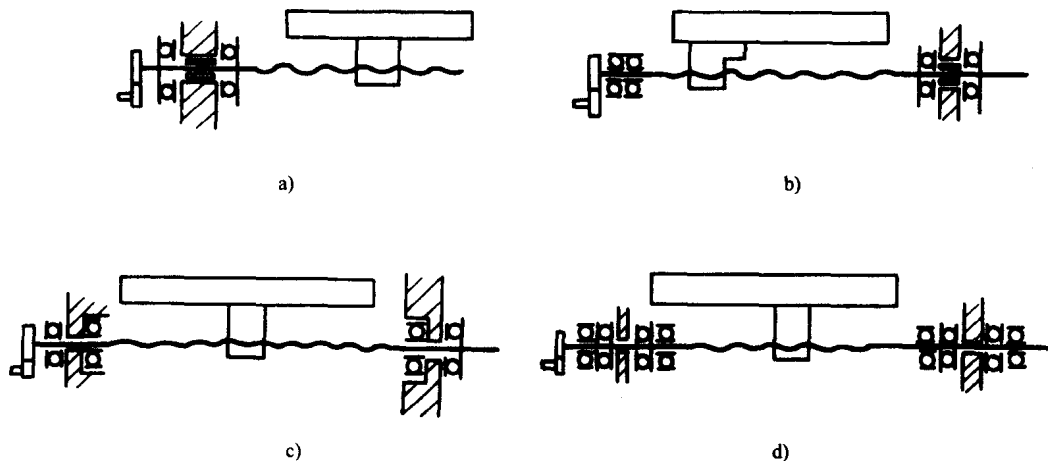


图 2-5 水平坐标轴进给传动系统结构布置形式

a) 一端装推力轴承 b) 两端装推力轴承

c) 一端装推力轴承、另一端装深沟球轴承 d) 两端装推力轴承及深沟球轴承

数控机床进给传动系统结构垂直布置时,由于滚珠丝杠副自锁能力差,因此在进给传动系统结构中增设了制动装置,如图 2-6 所示。图中制动装置由摩擦离合器 1、弹簧 2 和电磁铁线圈 3 组成。

数控机床与普通机床进给传动系统结构布置上基本相同,所不同的是:

- 1) 数控机床进给传动链首端件是用伺服电动机;
- 2) 传动机构采用滚珠丝杠副(个别改装的经济型数控机床仍采用普通丝杠副);
- 3) 垂直布置的进给传动系统结构中,设置有制动装置;
- 4) 进给传动系统中的齿轮副,采用了消除齿轮啮合间隙结构。

二、进给传动系统伺服电动机的形式及安装

1. 伺服电动机主要类型及结构

(1) 直流伺服电动机 直流伺服电动机在结构上和传统直流电动机没有区别,只是在设计时使其转动惯量较小,过载能力较强,且具有较好的换向性能。现在在

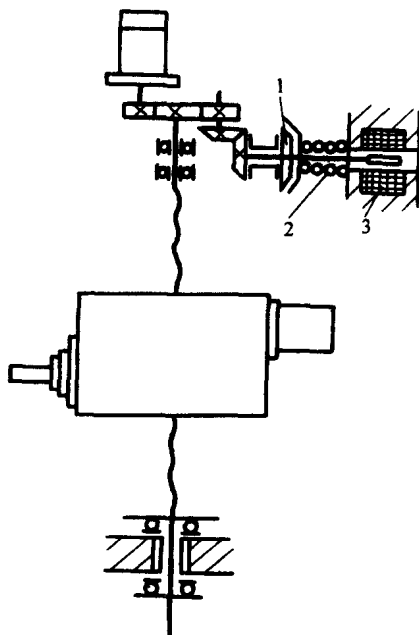


图 2-6 垂直坐标轴进给传动系统结构布置形式

1—摩擦离合器 2—弹簧 3—电磁铁线圈

伺服机构中使用的都是近年发展起来的大功率直流伺服电动机，如小惯量电动机和宽调速电动机等。

1) 小惯量直流电动机。图 2-7 是小惯量直流电动机结构图。1 是电刷，电枢铁心 2 是光滑无槽的圆柱体，转子绕组 3 均匀分布在光滑电枢铁心表面，用环氧树脂 7 固化成型并与铁心粘在一起。该电动机气隙尺寸较大，比普通直流电动机大 10 倍以上。定子励磁一般采用高磁能铝镍铁钴合金的永久磁铁 6，上装极靴 4，固定在机壳 5 上。

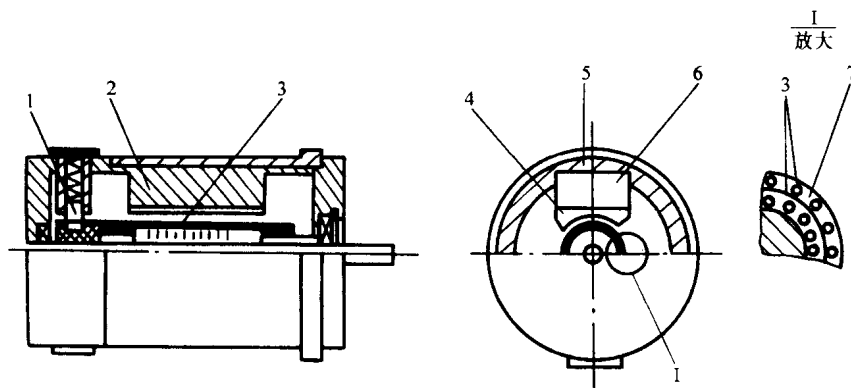


图 2-7 小惯量直流电动机结构

1—电刷 2—铁心 3—转子绕组 4—极靴 5—机壳 6—永久磁铁 7—环氧树脂

这类电动机在早期的数控机床上应用较多，它具有如下特点：

- a) 转动惯量小，瞬时可获得较大的加、减速转矩；
- b) 机电时间常数小，即通电后可以很快启动运转，一般在 10ms 以内，仅为普通直流电动机的十分之一；
- c) 由于转子无槽，避免了磁通密度不均而产生的转矩脉动。在低转速时也能平稳运转，无爬行现象，换向性能好。

2) 宽调速直流伺服电动机。宽调速直流伺服电动机又称大惯量电动机，因其调速范围宽，可直接驱动滚珠丝杠，减少了传动损失及传动误差，提高了精度。

该电动机的励磁方式为永磁式。为了得到大转矩，采用了高性能磁性材料以产生强磁场。传统的低速力矩电动机是采用铝镍钴磁铁作为定子的材料，这是它造价昂贵的主要原因。为了降低成本，现已采用铁氧体陶瓷代替铝镍钴磁铁。铁氧体陶瓷是铝镍钴磁铁价格的十分之一左右。铁氧体材料矫顽力较高，可在充磁后装入定子，电动机可不另带充磁线圈。转子外形与一般直流电动机有槽转子基本一样，直径较大，长度较短，极对数较多。这类电动机有如下特点：

- a) 低速性能好，转矩大，可和机床进给丝杠直接连接，省去了齿轮传动机构，使机床结构简单，成本低。同时它还避免了因齿轮传动产生的噪声和振动，消除了齿轮传动产生的误差，提高了传动精度；
- b) 转子惯量较大。负载变化的影响相对减小，容易与机床匹配，工作稳定性得到提高；
- c) 过载性能好。由于采用热管冷却，耐热性好，可过载运行几十分钟；
- d) 由于采用了高矫顽力的永久磁铁作为磁极，提高了机电效率，又没有磁极损耗，去磁临界电流可取得大些，能产生 10~15 倍的瞬时转矩，故在重切削过载情况下，具有优越的加减速特性。

(2) 交流伺服电动机 交流伺服电动机是近年发展起来的新型伺服电动机，是伺服驱动系统发展的新方向。它克服了直流伺服电动机电刷和整流子要经常维修，尺寸较大，容量和使用环境受到限制等缺点，是一种理想的伺服电动机，得到了迅速发展，已经形成了潮流。

(3) 步进电动机 步进电动机又称脉冲电动机。它是一种将电脉冲信号转变成相应角位移的电磁装置。步进电动机是一种特殊电动机，一般电动机通电后都是连续转动的，而步进电动机则跟随输入脉冲一步一步地转动。

步进电动机的特点是：输出转角与输入脉冲个数严格成正比，转子转速是随输入脉冲频率而变化的。改变控制脉冲的频率即改变电动机转速，转速可以在较宽的范围内调节。当停止输入脉冲时，只要绕组内的电流不变，电动机就可保持在某固定位置上，不需机械制动装置。改变绕组通电顺序即可改变电动机转向。步进电动机的输出转角精度较高，虽有相邻误差，但无累积误差。步进电动机转动惯量小，启动、停止时间在 $1 \sim 10\text{ms}$ 之间。由于步进电动机制造容易，它所组成的开环进给驱动装置也比较简单易调，在 20 世纪 60 年代至 70 年代，这种电动机在数控机床上应用曾风行一时。但到现在，一般数控机床上已不使用，仅在功能简单的经济型数控机床上使用。

2. 伺服电动机与丝杠的联接

伺服电动机与丝杠的联结，必须保证无间隙。只有这样才能准确执行系统发出的指令，在数控机床中伺服电动机与滚珠丝杠主要采用三种联结方式：直联式、齿轮减速式、同步带式。

图 2-8 为直联式，它是通过挠性联轴节把伺服电动机和滚珠丝杠联结起来的。图 2-8 中锥环 7 是这种无键、无隙直联方式的关键元件。这种联轴节称为膜片弹性联轴器，在加工中心进给驱动系统中用得较多。

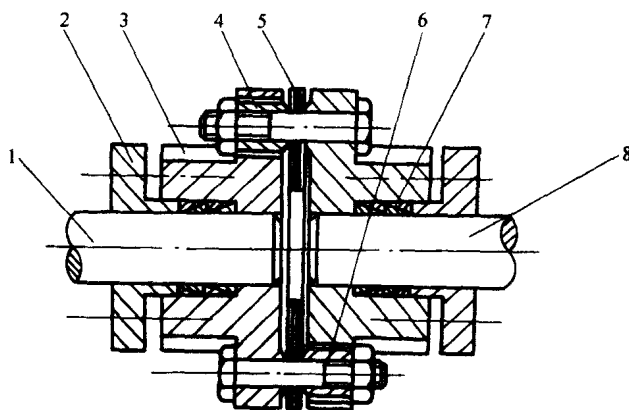


图 2-8 电动机与丝杠直联式

1—滚珠丝杠 2—压圈 3—联轴套 4、6—球面垫圈
5—柔性片 7—锥环 8—电动机轴

图 2-9 为齿轮减速式。这种联结方式主要用于因结构上的原因不能直联或因负载力矩大，需要放大伺服电动机输出转矩的地方。这种联结方式应特别注意齿轮精度和啮合间隙对传动精度的影响。关于齿轮啮合间隙的调整后面将专门讲述。齿轮减速式在数控机床上应用较普遍，特别是经济型数控机床，基本上都是采用这种方式联接。

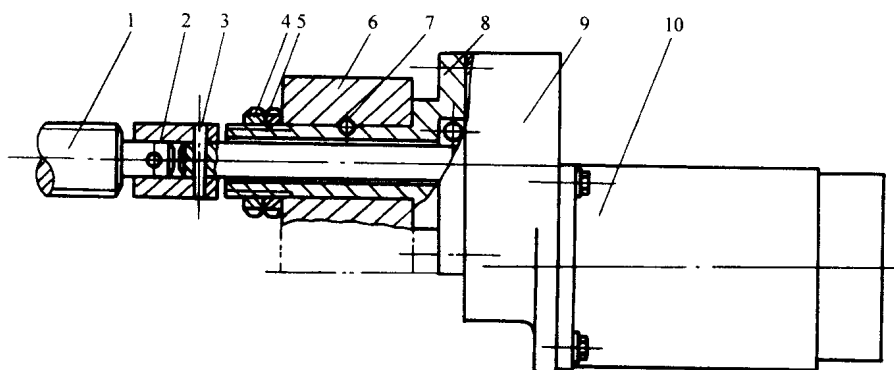


图 2-9 步进电动机与丝杠的联接

1—丝杠 2—套筒联轴器 3、7—锥销 4—螺母 5—垫圈
6—支架 8—支承套 9—减速箱 10—步进电动机 (JBF)

同步带式与齿轮减速式的使用条件基本相同,但在成本和低噪声方面,明显优于齿轮减速式。在充分理解同步带特性的情况下,正确选用和调整,会收到良好的效果。同步带式目前应用相对较少。

三、进给传动系统减速齿轮间隙的调整

在数控机床上,齿侧间隙会造成进给运动反向时产生反向死区,不能准确执行系统指令,影响机床加工精度。消除齿侧间隙的方法如下:

1. 直齿圆柱齿轮传动中间隙的消除

(1) 偏心套调整法 如图 2-10 所示,电动机 2 通过偏心套 1 装在壳体上,转动偏心套 1 就能调整两齿轮的中心距,达到减小齿轮侧隙的目的。这是一种最简单的调整法,其缺点是齿轮磨损后不能自动消除间隙。

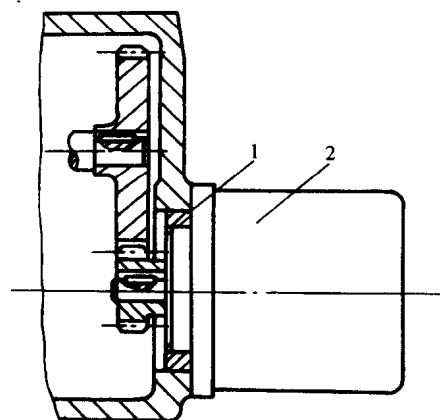


图 2-10 偏心套调整法

1—偏心套 2—电动机

(2) 轴向垫片调整法 图 2-11 所示,两啮合齿轮 1 和 2 的节圆直径沿齿宽方向制成稍有锥度。当齿轮 1 不动(轴向)时,调整轴向垫片 3 的厚度,使齿轮 2 作轴向位移,从而减少啮合间隙。这种调整方法结构简单,缺点也是当齿轮磨损后不能自动调整间隙,需重新调整。

(3) 双片薄齿轮错齿调整法 一对相啮合的圆柱齿轮中,一个是较宽的宽齿轮,而另一个齿轮是由两个薄片齿轮组合而成。在齿轮啮合时,使其中一个薄片齿轮轮齿左侧(或右侧)工作面和另一个薄片齿轮轮齿右侧(或左侧)工作面,分别与宽齿轮的一个齿沟槽的两侧齿面工作面同时紧密接触,从而达到消除齿轮啮合齿侧间隙的目的。这种方法有两种结构形式。

图 2-12 为周向拉簧式。图中两薄片齿轮 1 和 2 各开有圆弧槽,槽中弹簧 3 两端分别装在齿轮 1 和 2 的凸耳 4 上,在弹簧 3 的拉力作用下,使两个薄片齿轮错位而消除齿轮啮合时的侧隙。这种方式弹簧拉力不能调节。

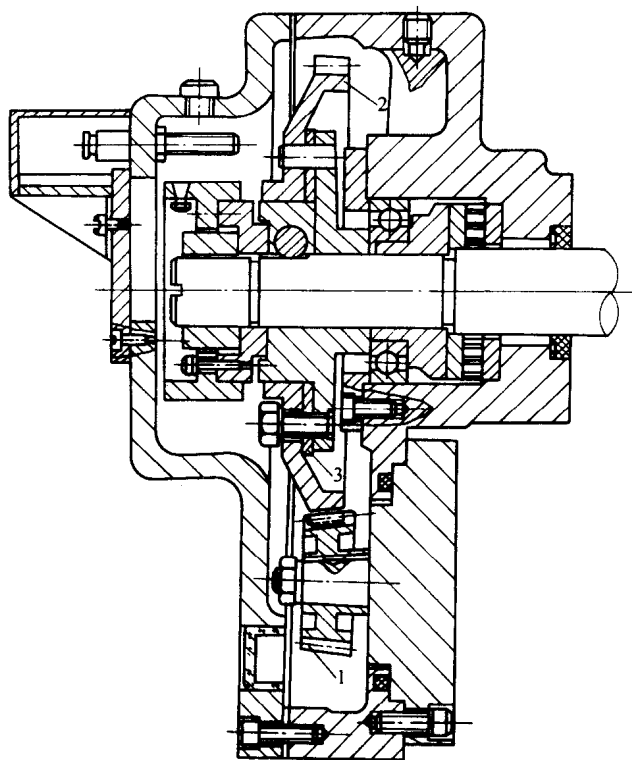


图 2-11 轴向垫片调整法

1、2—齿轮 3—轴向垫片

图 2-13 为可调拉簧式。图中齿轮 1 辐板上开有圆孔，作为凸耳 7 的通道空间，同时也是调整用空间。在齿轮 2 上装有凸耳 7，凸耳 7 上的孔装有调节用螺钉 5，拉簧的一端钩在调节用螺钉 5 上，另一端钩在装于齿轮 1 的凸耳 4 上，拉簧力大小可用螺母 6 和调节螺钉 5 来调整。在拉簧拉力作用下两齿轮 1 和 2 发生错位，从而使齿轮啮合侧隙消除。这种方式与图 2-12 基本相同。只是弹簧拉力可以调节。

2. 斜齿圆柱齿轮传动中间隙的消除

斜齿圆柱齿轮传动间隙的消除法有两种基本形式。

(1) 垫片调整法 如图 2-14 所示，在两个薄片齿轮 1 和 2 之间，加一个垫片 3，垫片 3 使齿轮 1 和 2 的螺旋线错位。齿轮 2 分别与宽齿轮 4 的左右侧面紧贴而消除啮合侧隙。垫片 3 的厚度 t 与齿侧隙 δ 的关系为：

$$t = \delta \cot \beta$$

式中 β ——螺旋角。

(2) 轴向压簧调整法 如图 2-15 所示，两个薄片齿轮 1 和 2 是用键滑套在轴 5 上，螺

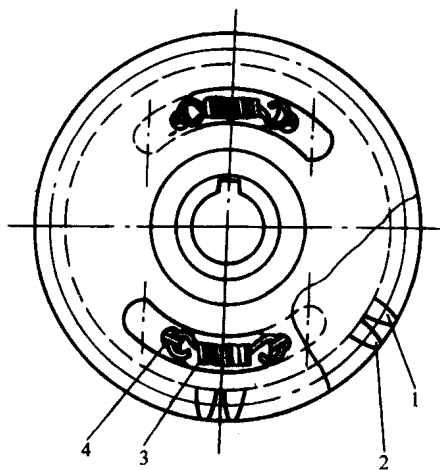


图 2-12 圆柱薄片齿轮周向弹簧错齿调整法简图

1、2—圆柱薄片齿轮 3—弹簧 4—凸耳

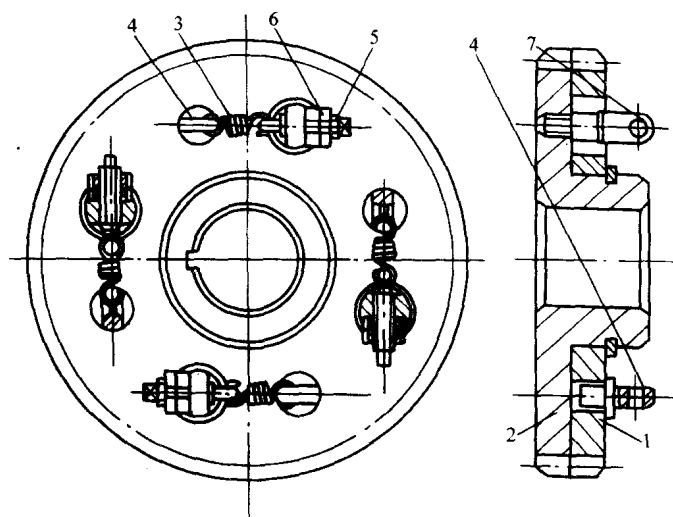


图 2-13 圆柱薄片齿轮可调拉簧错齿调整法简图

1、2—齿轮 3—拉簧 4、7—凸耳 5—螺钉 6—螺母

母 4 可调整弹簧 3 对齿轮 2 的轴向压力，使齿轮 1 和 2 的齿侧，分别紧贴宽齿轮 6 的齿槽左、右两侧面而消除啮合侧隙。弹簧力的大小调整应适当，调整过大会加快齿轮的磨损，影响齿轮寿命，调整过小则起不到消除啮合侧隙的作用。这种方法的特点是可以自动补偿间隙，但轴向尺寸较大，结构不紧凑。

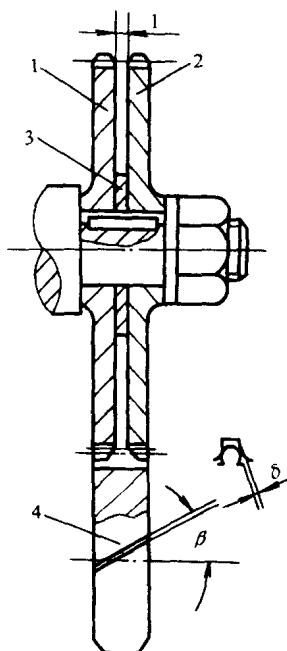


图 2-14 斜齿轮垫片调整法

1、2—薄片齿轮 3—垫片 4—宽齿轮

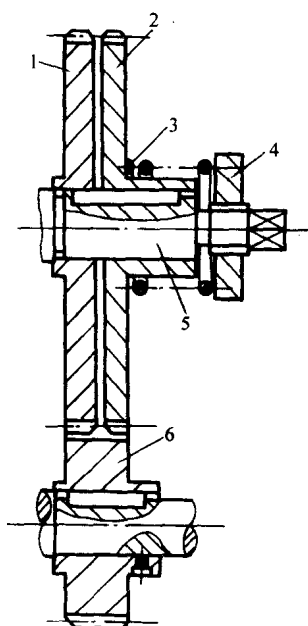


图 2-15 斜齿轮压簧调整法

1、2—薄片齿轮 3—轴向压簧
4—调节螺母 5—轴 6—宽齿轮

3. 锥齿轮传动中间隙的消除

(1) 轴向压簧调整 如图 2-16 所示，锥齿轮 1 和 2 啮合，轴 5 上装有压簧 3，螺母 4

用来调节压簧3的弹力大小, 锥齿轮1在弹力作用下稍有轴向移动, 就能消除齿轮1和2的啮合间隙。

(2) 周向弹簧调整法 如图2-17所示, 两个啮合的锥齿轮, 其中一个做成大小两片1和2, 在大片上开有周向圆弧槽, 在小片2上制有凸爪6, 凸爪6伸入大片的圆弧槽中, 弹簧4一端顶在凸爪6上, 另一端顶在镶块3上。止动螺钉5是安装时用, 安装好后就卸去。在弹簧力的作用下, 使大片1和小片2稍稍错开, 达到消除啮合间隙的目的。

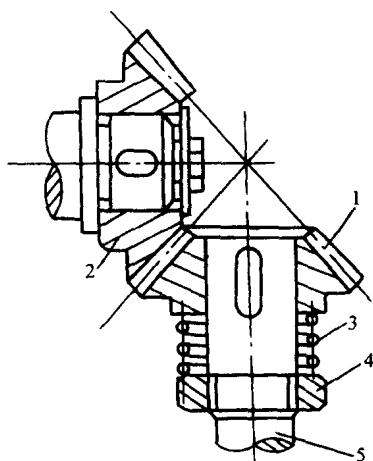


图2-16 锥齿轮轴向压簧调整法

1、2—圆锥齿轮 3—压缩弹簧
4—螺母 5—轴

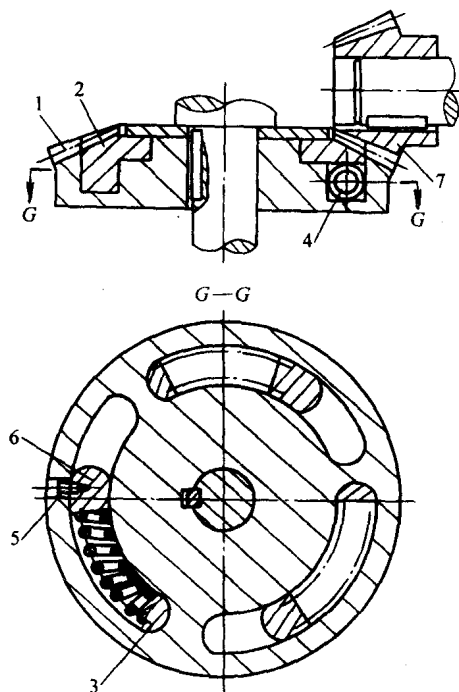


图2-17 锥齿轮周向弹簧调整法

1、2—锥齿轮(大、小片) 3—镶块 4—弹簧
5—止动螺钉 6—凸爪 7—小锥齿轮

4. 齿轮齿条传动啮合间隙的消除

在大型数控机床中, 工作台行程很长(如龙门铣床), 它们的进给运动机构常采用齿轮齿条结构。当机床额定工作载荷较小时, 可采用双薄片齿轮错齿法消除啮合侧隙。当机床额定载荷较大时, 则采用图2-18所示的结构来消除啮合侧隙。

图2-18中齿轮4和齿轮5分别与齿条6啮合, 并用预紧装置7在齿轮1上预加载荷, 通过齿轮1使其左、右相啮合的齿轮2和3向外伸张, 则与齿轮2和3分别同轴安装的齿轮4和5也同时向外伸张, 使两个齿轮不同侧齿面与齿条6上的不同侧齿面啮合接触, 从而消除齿侧间隙。

四、滚珠丝杠副的结构及间隙调整

滚珠丝杠副是数控机床的理想运动转换装置。由于传动时滚珠与丝杠、滚珠与螺母之间基本上是滚动摩擦, 故它与普通丝杠副相比较, 具有传动效率高($\eta=0.92\sim0.96$), 传动灵敏, 不易产生爬行, 随动精度和定位精度高, 同步性好, 传动具有可逆性, 以及磨损小, 使用寿命长的优点。施加预紧力后, 可消除轴向间隙, 反向时无空程, 提高了轴向运动精度和刚度。

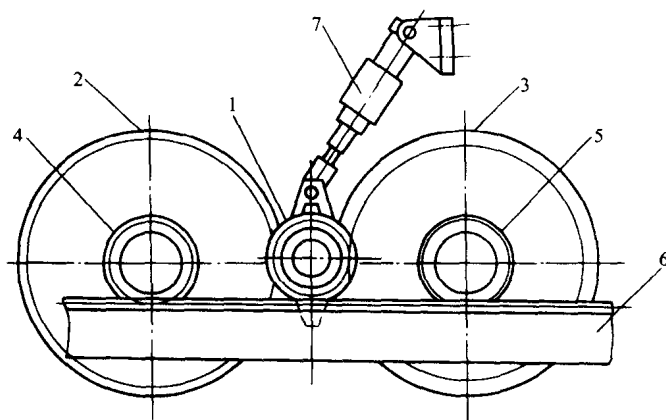


图 2-18 齿轮齿条啮合齿侧隙消除法结构简图

1、2、3、4、5—齿轮 6—齿条 7—预紧装置

1. 滚珠丝杠的结构形式

滚珠丝杠螺母的结构有内循环和外循环两种形式，在数控机床中，二者均使用。图 2-19a 为外循环式，图 2-19b 为内循环式。二者的区别在于滚珠返回的方式不同，外循环滚珠经外滚道完成循环运动。外滚道有两种形式，一种在螺母外圆上铣有螺旋型槽。另一种为插管型。图 2-19a 为插管型。

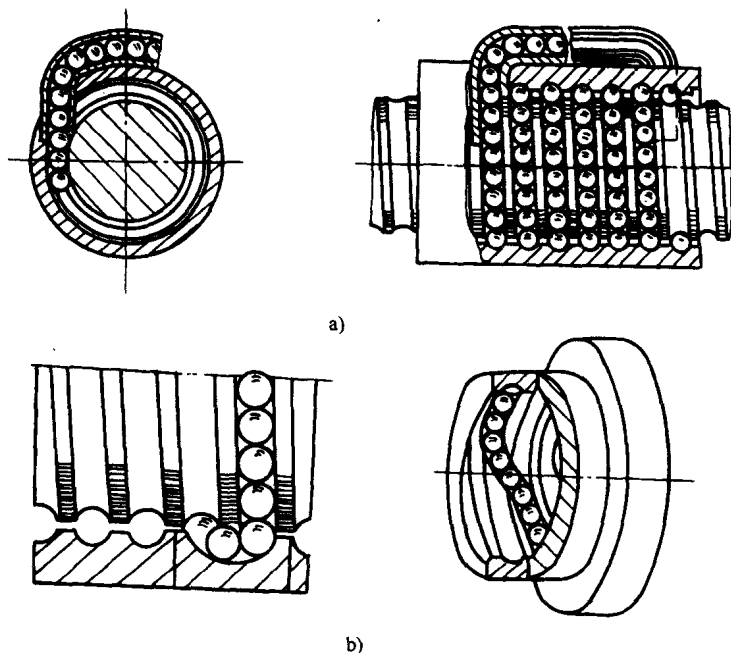


图 2-19 滚珠丝杠结构

图 2-19b 为内循环式，在螺母上开有侧孔，孔中装有接通相邻滚道的反向器使滚珠翻越丝杠齿顶而进入相邻滚道，完成内循环运动。通常在一个螺母上装有三个反向器（即三列结构），这三个反向器彼此沿螺母圆周相互错开 120° ，轴向间隔为 $4/3 \sim 7/3$ 螺距。也有装两个反向器的（即二列结构），反向器错开 180° ，轴向间隔为 $3/2$ 螺距。

螺纹滚道的结构形式如图 2-20 所示。图 2-20a 是矩形滚道型面。这种型面制造容易，

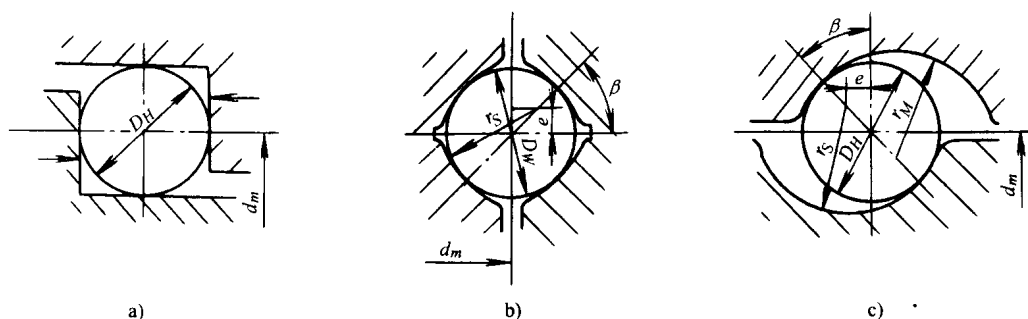


图 2-20 螺纹滚道的结构形式简图

a) 矩形滚道型面 b) 半圆弧滚道型面 c) 双圆弧滚道型面

只能承受轴向载荷, 承载能力低, 可在要求不高的传动中应用。图 2-20b 是半圆弧滚道型面, 图 2-20c 是双圆弧滚道型面, 这两种形式性能较好, 在数控机床中常用。

2. 滚珠丝杠副轴向间隙调整方法

调整珠丝杠传动间隙, 是为了保证反向传动精度和轴向刚度。用预紧办法消除轴向间隙时, 应注意预紧力不宜过大, 预紧力过大会使空载力矩增大, 降低传动效率, 增加传动副磨损, 缩短使用寿命。

常用的双螺母丝杠消除间隙的方法有:

(1) 垫片调整式 如图 2-21 所示, 通过调整垫片 2 的厚度使螺母产生轴向相对位移, 以达到消除轴向间隙和产生预紧力的目的。

(2) 螺纹调整式 如图 2-22 所示, 螺母 1 的外端有凸缘, 螺母 7 外端制有螺纹, 调整时只要旋动圆螺母 6, 即可消除轴向间隙并可达到产生预紧力的目的。

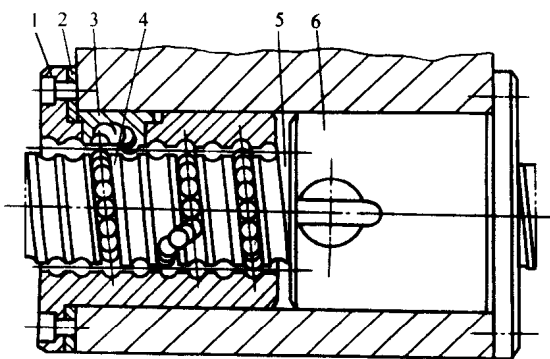


图 2-21 垫片调整式的滚珠丝杠螺母副

1、6—螺母 2—调整垫片 3—返回器
4—钢球 5—螺杆

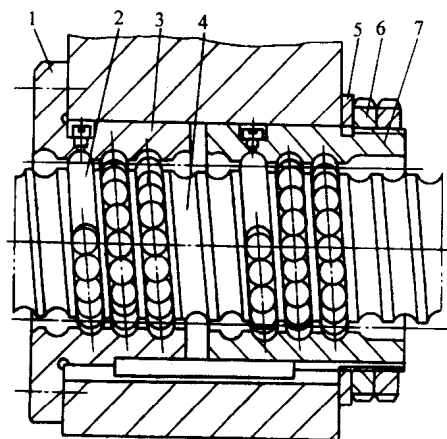


图 2-22 螺纹调整式的滚珠丝杠螺母副

1、7—螺母 2—返回器 3—钢球
4—螺杆 5—垫圈 6—圆螺母

(3) 齿差调整式 如图 2-23 所示, 在图 2-23 中, 两个螺母 2 和 5 的凸缘为圆柱齿轮, 两齿轮齿数只相差一齿, 装在内齿圈 1 和 4 中。内齿圈用螺钉、定位销紧固在螺母座 3 上。调整时先取下内齿圈, 当两个螺母向同方向都转过一个齿时, 其轴向位移量为

$$s = (1/z_1 - 1/z_2) L$$

式中 s ——轴向位移量 (mm);

L ——滚珠丝杠导程 (mm);

z_1, z_2 ——齿数。

例如, 两个圆柱齿轮的齿数分别为 $z_1 = 80$, $z_2 = 81$, 滚珠丝杠的导程为 $L = 6\text{mm}$, 则

$$s = (1/80 - 1/81) \times 6\text{mm} \\ = 6/6480\text{mm} = 0.001\text{mm}$$

因此, 能精确调整间隙和预紧力。但这种方式结构复杂, 尺寸较大, 适用于高精度传动。

3. 滚珠丝杠螺母副预紧

对滚珠丝杠螺母副, 为保证传动精度及刚度, 除消除传动间隙外, 要求预紧。预紧力计算公式为

$$F_V = 1/3 F_{\max}$$

式中 F_{\max} ——轴向最大工作载荷。

前述各例消除滚珠丝杠螺母副轴向间隙的方法, 都能对螺母副进行预紧。调整时只要注意预紧力大小 $F_V = 1/3 F_{\max}$ 即可。

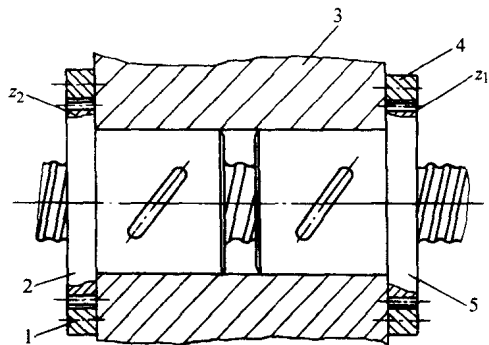


图 2-23 齿差调整式

1、4—内齿圈 2、5—螺母 3—螺母座

第三节 回转运动部件的调整

数控机床除 X、Y、Z 三个坐标的直线进给运动外, 往往还带有绕此三轴回转的三个坐标的回转运动。回转工作台就是为实现上述多坐标运动的需要而发展起来的。了解这方面的知识, 对数控机床的维修工作一定会有所帮助。

一、回转分度工作台的结构形式

1. 多齿盘分度工作台

图 2-24 是卧式加工中心多齿盘分度工作台结构。分度时, 液压缸 8 的下腔进压力油, 活塞 5 抬起工作台, 上多齿盘 4 离开下多齿盘 9, 当上多齿盘离开下多齿盘上升到一定位置时, 压下行程开关, 发出开始分度信号。此时伺服电动机启动, 经过蜗轮副 1 和小轴端的小齿轮 3, 带动上多齿盘 4 的大齿轮, 按规定方向和角度回转, 转到位后发出下降信号, 液压缸 8 的上腔进压力油, 工作台下落, 上下多齿盘啮合, 达到准确分度。此时压到另一行程开关, 发出分度完毕信号, 机床即可开始加工。

多齿盘分度可实现的分度角度为

$$\theta = 360^\circ / z$$

式中 θ ——可实现的分度数 (整数);

z ——多齿盘齿数。

2. 带交换托盘的多齿盘分度工作台

为提高加工中心的运转率, 在加工中心前面或侧面, 设置二面或多面交换托盘, 通过托盘自动交换装置, 与主机进行托盘交换。图 2-25 为带交换托盘的多齿盘分度工作台结构图。

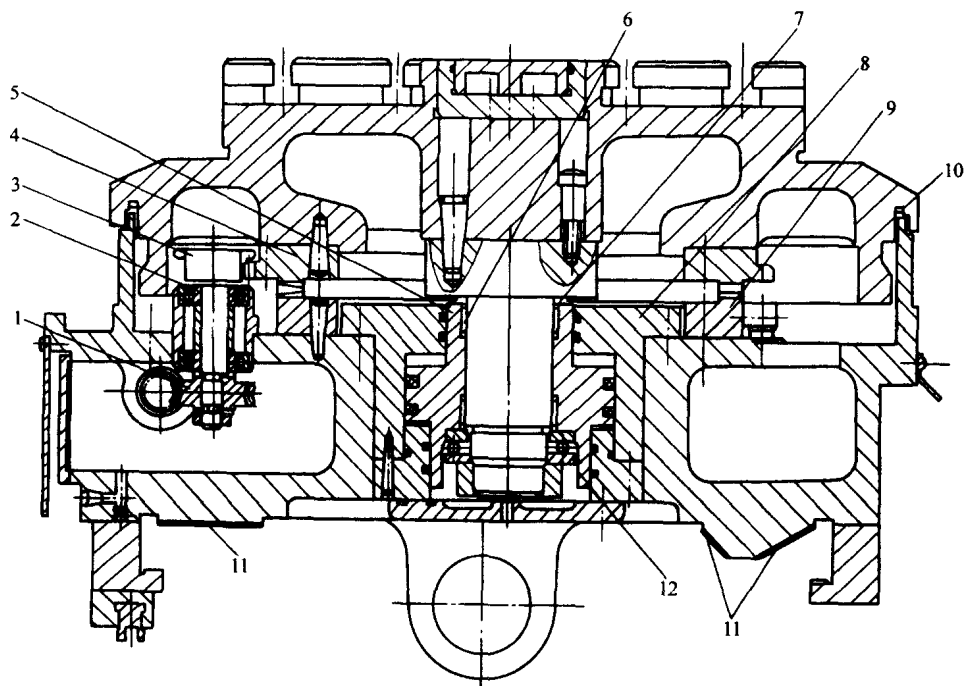


图 2-24 多齿盘分度工作台结构图

- 1—蜗轮副 2—角接触球轴承 3—小齿轮 4—上多齿盘 5—活塞 6—向心滚针轴承
7—止推滚针轴承 8—液压缸 9—下多齿盘 10—密封圈 11—塑料导轨板 12—推力球轴承

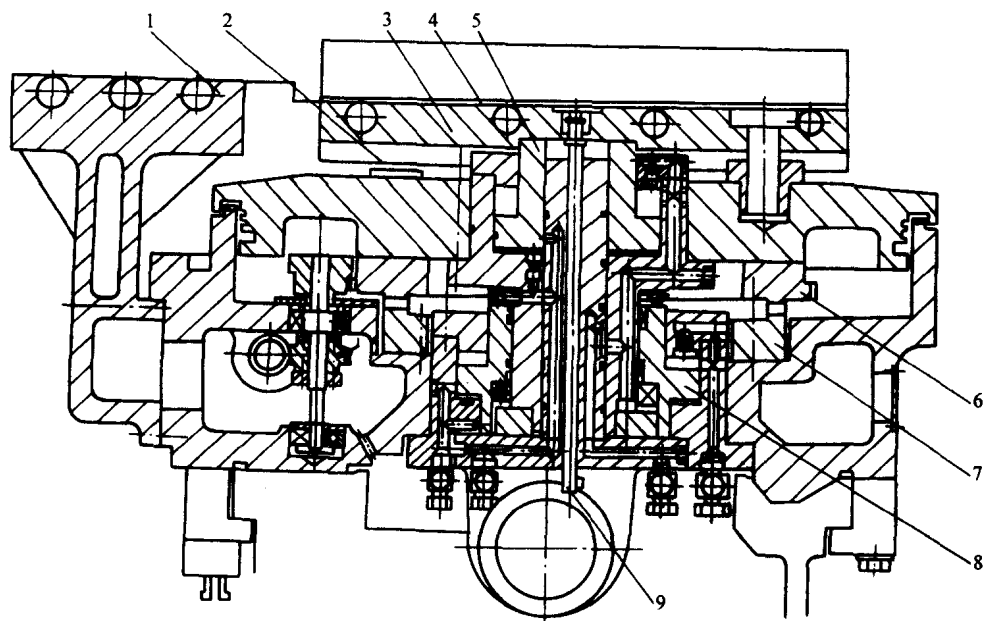


图 2-25 带交换托盘的多齿盘分度工作台

- 1—过渡桥 2—定位块 3—交换托盘 4—拉板 5—用于升降交换托盘的活塞
6—上多齿盘 7—下多齿盘 8—用于升降多齿盘的活塞 9—信号杆

图 2-25 中的过渡桥 1, 是托盘自动交换装置到加工中心主机间的过渡桥。交换托盘经过过渡桥 1, 进到主机分度工作台上, 此时由托盘自动交换装置发出交换托盘到位信号, 由活塞 5 拉紧载有交换托盘 3 的拉板 4, 使交换托盘被定位块 2 (共 6 个) 和两个定位销定位住。此时由信号杆 9 压一微动开关, 发出定位完毕信号。与此同时, APC 的推料杆缩回, 全部缩回后, 发出缩回完毕信号, 机床即可开始加工零件。当工件的一面加工完需要分度时, 压力油进到活塞 8 的下方, 抬起活塞 8, 使分度台连同交换托盘一起被抬起, 上多齿盘 6 便离开下多齿盘 7。抬起到规定位置时, 发出抬起完毕信号, 此时伺服电动机驱动蜗轮副 z_1 、 z_2 , 再驱动齿轮副 z_3 、 z_4 , 把工作台转位到预定的所需分度角度处, 然后活塞 8 下降, 上下多齿盘啮合, 完成准确分度。

3. 数控分度工作台

前述多齿分度工作台只能按最小分度角的整数倍分度, 即使采用 360 齿多齿盘, 也只能分 1° 的整数倍, 而且只能在不切削时才能进行分度, 这就使多齿盘分度方式受到一定限制。

数控分度工作台, 就是一种可实现任意角度分度并能在切削过程中回转分度的回转分度装置, 其结构如图 2-26 所示。需要分度时, 泄去锁紧液压缸上腔的压力油, 使分度转盘处于松开状态, 此时由伺服电动机驱动蜗轮副, 带动工作台回转, 分度角度位置由角度位置反馈元件反馈给数控装置。反馈元件通常为圆感应同步器或圆光栅。

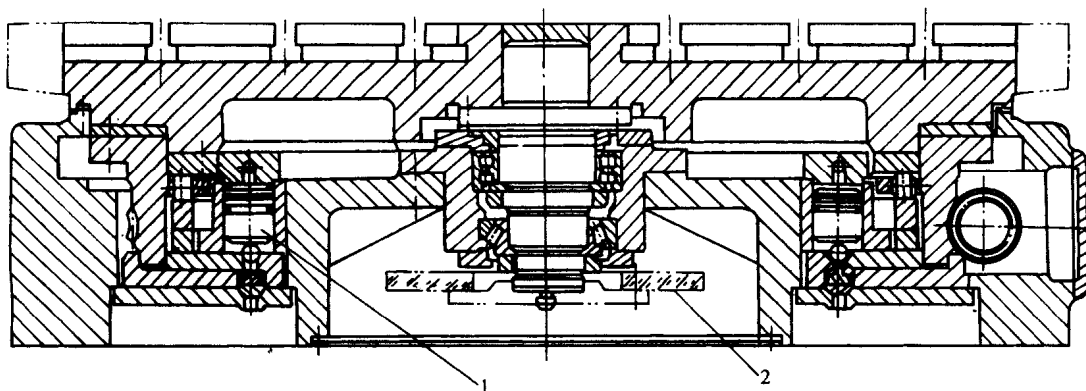


图 2-26 数控分度工作台

1—锁紧液压缸 2—角度位置反馈元件

二、加工中心回转工作台的调整

现以 510 加工中心回转工作台为例, 介绍调整方法。

1. 回转工作台的主要数据

510 加工中心回转工作台属于数控回转工作台, 回转运动坐标为 B, 它的主要参数如下:

工作台台面尺寸	1000mm×1000mm
工作进给速度	0.03~1800°/min
快速进给速度	1800°/min
台面允许负载	3000kN
最大偏载力矩	2000N·m
精度	

在四个 90°位置上的定位精度 $\pm 3''$

在任意位置上的定位精度 $\pm 7.5''$

反向误差

 $\leq \pm 2''$

2. 工作台的传动

如图 2-27 所示, 工作台由直流伺服电动机 1 驱动, 经夹紧环联轴器 2a、2b 直接带动双导程蜗杆 3, 通过速比为 1/180 的蜗轮副传动, 使转台 23 得到连续回转或分度运动。与转台直接相连的编码器 18 发出反馈脉冲, 使工作台运动实现闭环控制。

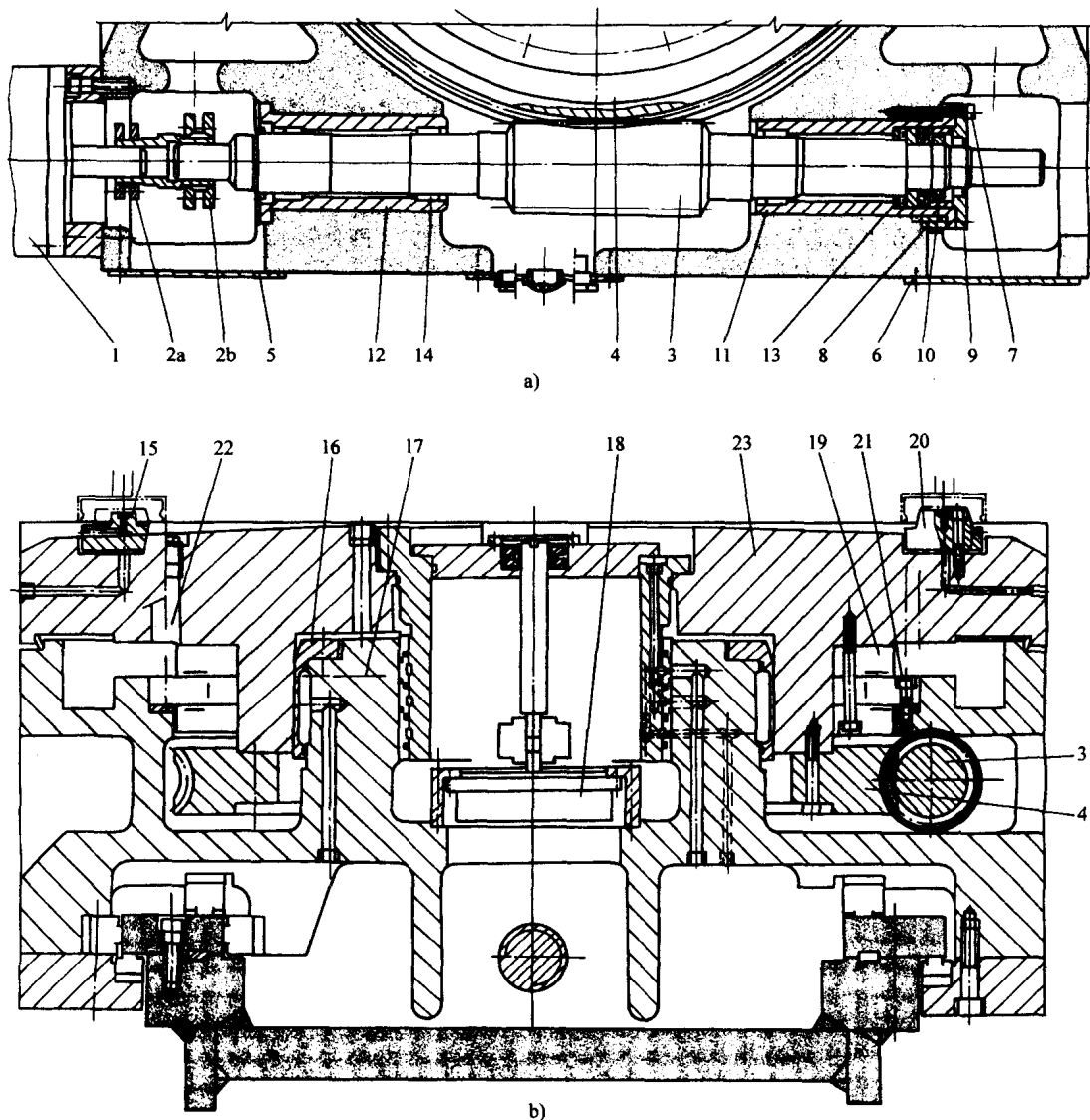


图 2-27 510 加工中心回转工作台

a) 回转工作台水平截面图 b) 回转工作台垂直截面图

1—直流伺服电动机 2—夹紧环联轴器 3—双导程蜗杆 4—蜗轮 5、6—盖板 7—螺钉 8—隔套
9—法兰盘 10—螺母 11—右衬套 12—左衬套 13—双向推力滚子轴承 14—滚针轴承 15、20—定位销
16—夹紧胀套 17—放气孔 18—反馈编码器 19—双向推力滚子轴承 21—螺钉 22—工艺孔 23—转台

3. 工作台结构

(1) 回转台结构 该回转台为三层结构, 最上层为交换式工件夹持平台, 共有两个, 当

一个在工作时，另一个在传送滑台上进行下一个工件的装夹。加工完毕后，两个平台进行交换。中间层为转台，最下层为台座。

(2) 蜗杆支承 如图 2-27a 所示，左端为两个径向滚针轴承 14，右端为一组双向推力滚子轴承 13 与一个径向滚针轴承。轴承组均装在左、右两个衬套 12、11 中，蜗杆的拆装很方便。

(3) 回转台支承 如图 2-27b 所示，转台 23 支承在一组大直径双向推力径向滚子轴承 19 上，刚性好，结构简单，装拆方便。拆工作台时，只要从转台 23 的工艺孔中插入扳手，卸下螺钉 21 即可（要先拆下蜗杆及编码器联轴器）。

(4) 转台夹紧 如图 2-27b 所示，利用液压夹紧胀套 16 即可夹紧转台。夹紧胀套液压缸中的空气可由放气孔 17 排出。

(5) 工作平台的定位与夹紧 转台的顶部左右各有两对共四个液压缸 3（如图 2-28 所示），每对液压缸的活塞用销子 2 与 T 形压板 1 相连。当液压缸上腔进油时，活塞 4 下移，两压板 1 把工件平台压紧在转台台面上，同时通过转台顶部上的锥面销 15、20（如图 2-27b）定位。当液压缸 3 下腔进油时，工作平台被顶起，由传送机构拉走。定位销 15 和 20 的结构为：

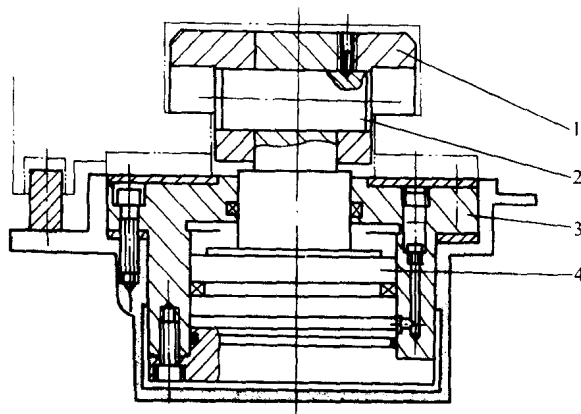


图 2-28 工作台夹紧机构

1—T 形压板 2—销子 3—液压缸 4—活塞

1) 定位销为锥面结合，便于工件平台的装卸；

2) 锥面销一个是全圆锥，另一个是削去两面的局部圆锥（削边锥销），目的是避免过定位；

3) 销与工件平台上销孔座均为浇注环氧树脂固定，这种新工艺结构既提高了两个工件平台的互换定位精度，又避免了大量精加工工作量。

4. 工作台回转间隙的消除

工作台回转间隙主要由于蜗轮磨损形成。因采用了双导程蜗杆传动，故间隙调整很方便。双导程蜗杆又称变齿厚蜗杆，与普通蜗杆的主要区别是蜗杆的左、右齿面上的节距不等（同侧面上的节距是相等的，与蜗杆相啮合的蜗轮的齿厚是相等的），因而蜗杆的齿厚沿轴线方向是按比例逐渐变化的。因此，当蜗杆沿轴向移动时，便可调整蜗杆与蜗轮间的齿侧间隙。

当机床工作约 5000h 时，应检查 B 坐标回转间隙，若间隙超过规定值，就应进行调整。

(1) 检查部位及方法

- 1) 在距工作台中心 430mm 处，以百分表表头触及工作台 T 形槽侧面；
- 2) 用 50N·m 力矩，朝一个方向扳动工作台；
- 3) 表对零；
- 4) 用 50N·m 力矩，按相反方向扳动工作台；
- 5) 读出表值。当表值大于 0.015mm，就需进行调整以消除间隙。

(2) 调整方法 如图 2-27a 所示。

1) 卸下盖板 5, 松开联轴器 2b (参照后面所述“夹紧环联轴器的拆卸与装配”), 取下电动机;

2) 测量工作台间隙。在 X 坐标滑台上固定一个百分表, 表头触及固定在工作台上的条铁侧面, 然后正反方向施力于工作台, 记录表上的变化值 A 。用手柄转动蜗杆, 使转台回转 30° , 再测出间隙值。每 30° 测一次, 在转台转一周上记录各点值, 标记出最小间隙处;

3) 取下调整环。放掉工作台油, 取下盖板 6, 卸螺钉 7。保持转台不转, 转动蜗杆, 使其向右退出一些。取下法兰盘 9, 拉出右衬套 11, 使其稍退出壳体, 取下隔套 8 的对开调整环 (隔套 8 由整体厚环及对开薄环组成);

4) 计算调整环磨去量 Y

$$X = \frac{A_{\min} \times 430}{L} \quad Y = \frac{X}{0.014}$$

式中 A_{\min} ——最小表值;

L ——工作台中心到表头触点距离;

X ——工作台间隙 (最小值);

Y ——调整环磨去量;

430 ——蜗轮分度圆半径。

5) 磨调整环;

6) 重新组装并复检 (直至达到精度为止)。

5. 夹紧环联轴器的拆卸与装配

图 2-29 是夹紧环联轴器结构图。这种联轴器能实现无间隙联接, 且能传递较大转矩。它的拆卸与装配方法如下:

(1) 拆卸

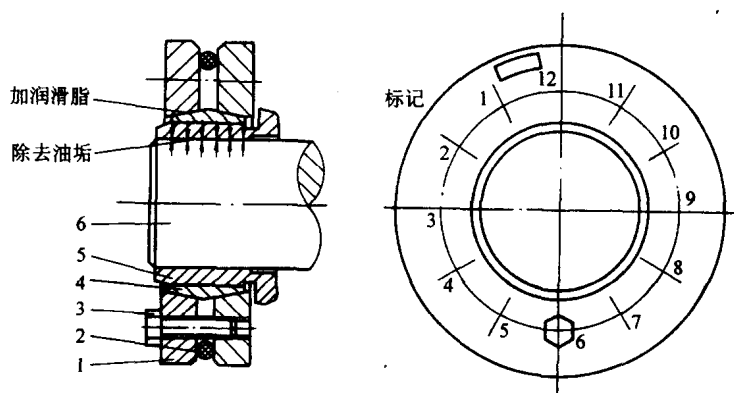


图 2-29 夹紧环联轴器结构图

1—圆盘 2—O 型圈 3—螺栓 4—锥环 5—轴套 6—轴

1) 以图 2-29 所示的次序逐渐松开螺栓 3, 开始时不要超过四分之一圈, 以免圆盘 1 偏歪、卡住。松开后的螺栓 3 仍留在圆盘上, 不要卸下;

2) 把轴套 5 与圆盘组件一起从轴 6 上卸下;

3) 从轴套 5 上取下圆盘组件。

(2) 装配 装配前, 锥环 4 与圆盘 1 之间一般不需要清洗, 如发现脏, 应清洗并加润滑脂和更换 O 型圈。装配顺序如下:

- 1) 轻轻拧紧三个相隔 120° 的螺栓 3, 保持两盘平行, 在三处检查两盘间距离。拧紧力的大小以锥环 4 在两盘上不转动即可, 力过大会使锥环 4 变形;
- 2) 在轴套 5 外表面涂上润滑脂, 把圆盘组件装配到轴套 5 上。此时仍不要拧紧螺栓;
- 3) 去除轴 6 与轴套 5 内孔的油污和杂质, 把装好的轴套组件装配到轴 6 上;
- 4) 按图 2-29 所示的次序逐个地、逐渐地拧紧螺栓 3, 最后用限力扳手拧, 保持两盘 1 平行。如此反复多次拧紧, 直到全部螺栓达到规定的转矩。转矩值标记在盘 1 的端面上。

第四节 自动换刀装置的调整

数控机床为了能在工件一次装夹中完成多道甚至所有加工工序, 以缩短辅助时间和减小多次安装工件所引起的误差, 必须带有自动换刀装置。数控车床上的回转刀架就是一种最简单的自动换刀装置。随着数控机床的发展, 机床多工序功能的不断拓展, 逐步发展和完善了各类回转刀具的自动更换装置, 扩大了换刀数量, 从而能实现更为复杂的换刀操作。

一、数控机床自动换刀装置形式

1. 多轴转塔头自动换刀装置

(1) 四方回转刀架 图 2-30 是加工轴类零件常用的螺旋升降式四方刀架。它的换刀过程如下:

1) 刀架抬起。当数控装置发出换刀指令后, 电动机 23 正转, 经联轴套 16、轴 17, 由滑动键 (花键) 带动蜗杆 19、蜗轮 2、轴 1、轴套 10 转动。轴套 10 的外圆上有两处凸起, 可在套筒 9 内孔中的螺旋槽内滑动, 从而举起与 9 相连的刀架 8 及上端齿盘 6, 使上端齿盘 6 与下端齿盘 5 分开, 完成刀架抬起动作。

2) 刀架转位。刀架抬起后, 轴套 10 仍在继续转动, 同时带动刀架 8 转过 90° (如不到位, 刀架还可继续转位 180° 、 270° 、 360°), 并由微动开关 25 发出信号给数控装置。

3) 刀架压紧。刀架转位后, 由微动开关发出信号使电动机 23 反转, 销 13 使刀架 8 定住而不随轴套 10 回转, 于是刀架 8 向下移, 上下端齿盘啮合并压紧。蜗杆 19 继续转动则产生轴向位移, 压缩弹簧 22, 套筒 21 的外圆曲面压缩开关 20 使电动机 23 停止旋转, 从而完成一次转位。

(2) CK7815 数控车床用 BA200LD 刀架 图 2-31 为 CK7815 型数控车床采用的 BA200LD 刀架。该刀架最多可有 24 个分度位置, 机床可选用 12 位 (A 型或 B 型)、8 位 (C 型) 刀盘。A、B 型回转刀盘的外切刀可使用 $25\text{mm} \times 150\text{mm}$ 标准刀具和刀杆截面为 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 的可调刀具, C 型可使用尺寸为 $20\text{mm} \times 20\text{mm} \times 125\text{mm}$ 的标准刀具。镗刀杆直径最大为 $\phi 32\text{mm}$ 。刀架转位为机械传动。驱动电动机 11 尾部有磁制动器。转位开始时, 电磁制动器断电, 电动机 11 通电, 30ms 以后制动器松开, 电动机开始转动, 通过齿轮 10、9、8 带动蜗杆 7 旋转, 使蜗轮 5 转动。蜗轮内孔有螺纹, 与轴 6 上的螺纹旋合。这时轴 6 不能回转, 当蜗轮转动时, 使得轴 6 沿轴向向左移动。因为刀架 1 与轴 6、活动鼠牙盘 2 固定在一起, 故而刀盘和鼠牙盘 2 也向左移动, 鼠牙盘 3 与 2 脱开。在轴 6 上有两个对称槽, 内装滑块 4, 在鼠牙盘脱开后, 蜗轮转到一定角度时与蜗轮固定在一起的圆盘 14 上的凸块

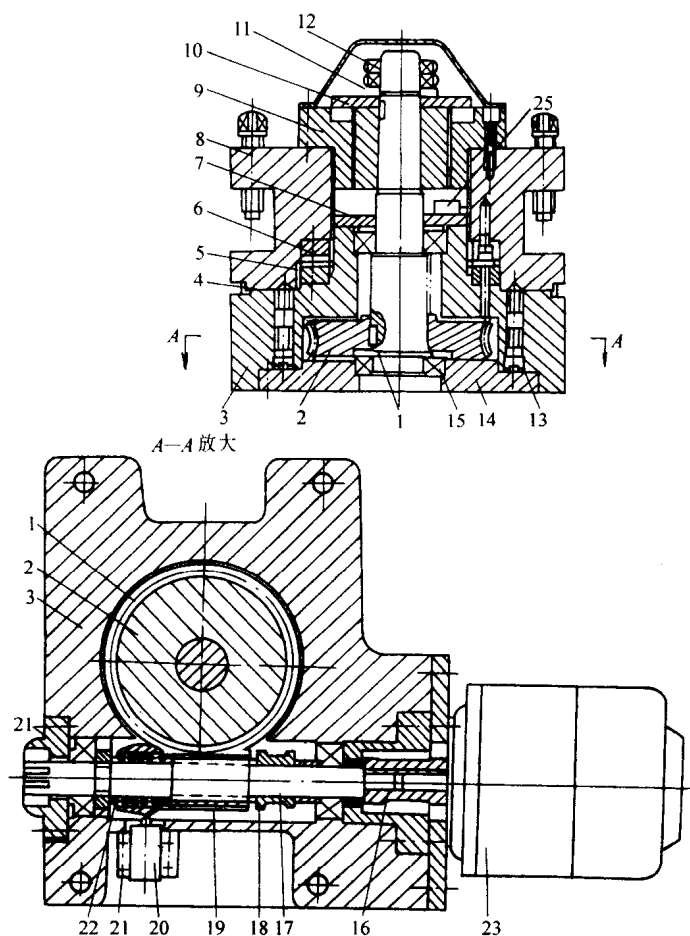


图 2-30 立式四方刀架结构

- 1、17—轴 2—蜗轮 3—刀座 4—密封圈 5、6—齿盘 7、24—压盖
 8—刀架 9、21—套筒 10—轴套 11—垫圈 12—螺母 13—销 14—底盘 15—轴承
 16—联轴套 18—套 19—蜗杆 20、25—开关 22—弹簧 23—电动机

部分便碰到滑块4，蜗轮便通过圆盘14上的凸块带动滑块，连同轴6、刀盘一起进行转位。到达要求位置后，电刷选择器发出信号，使电动机11反转，这时圆盘14上的凸块与滑块4脱离，不再带动轴6转动。蜗轮与轴6上的螺纹使轴6右移，鼠牙盘2和3结合定位，电磁制动器通电，维持电动机轴上的反转力矩，以保证鼠牙盘之间有一定的压紧力。最后，电动机断电，同时轴6右端的小轴13压下微动开关12，发出转位结束信号。刀架选位由刷形选择器进行。松开、夹紧位置检测则由微动开关12控制。刀具在刀盘上由压板15及斜铁16来夹紧，更换和对刀十分方便。

2. 具有刀库和机械手的自动换刀装置

这种自动换刀装置结构比较复杂，它由刀库、机械手组成（有时还有中间传递装置）。目前在多坐标数控机床（如加工中心）大多数采用这类自动换刀装置。

(1) 刀库 刀库的功能是储存加工工序所需的各种刀具，并按程序指令，把将要用的刀具迅速准确地送到换刀位置，并接受从主轴送来的已用刀具。刀库的储存量一般在8~64把范围内，多的可达100~200把。

1) 刀库种类及形式。图 2-32 为几种典型的刀库类型。

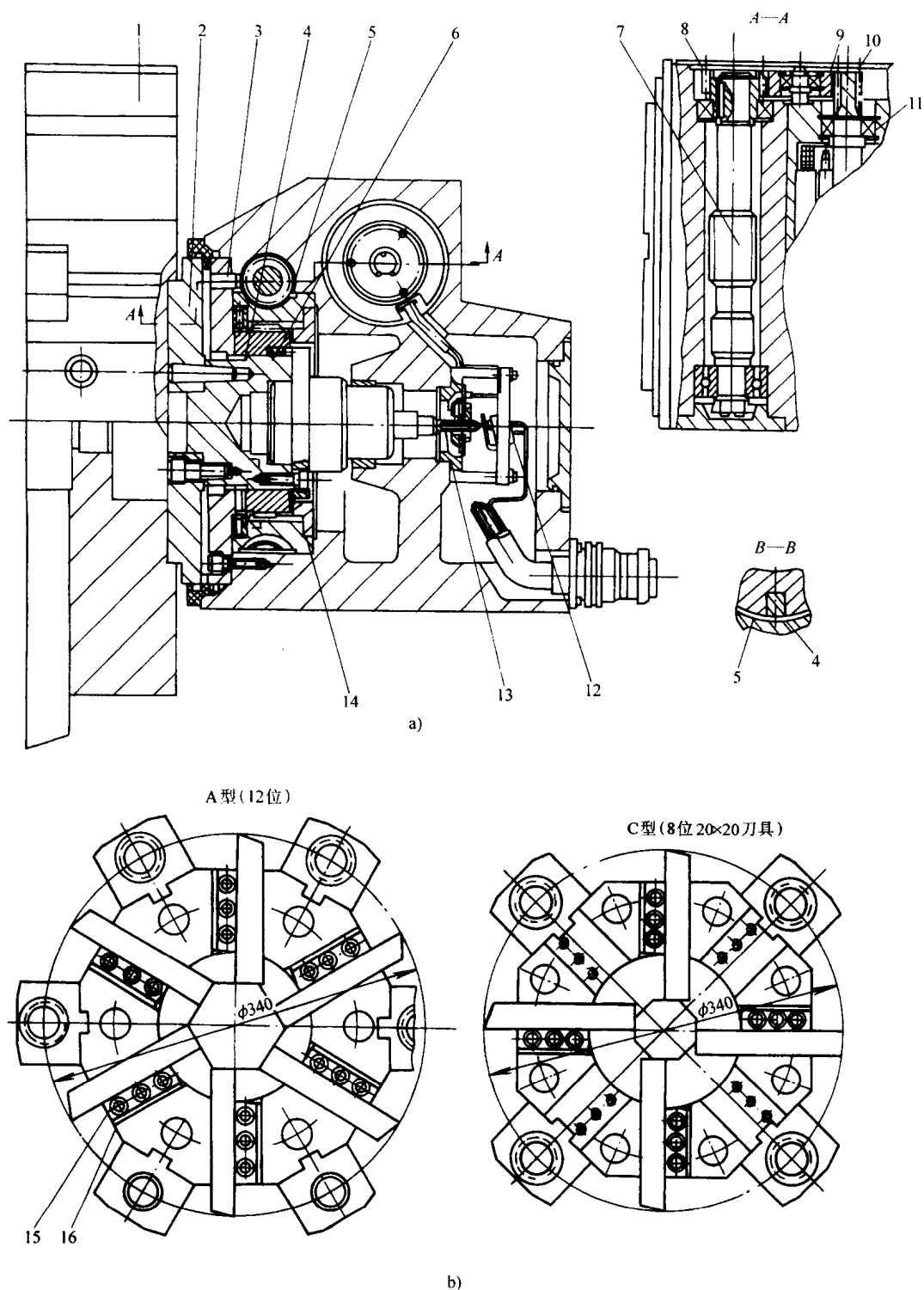


图 2-31 回转刀架

1—刀架 2—活动鼠牙盘 3—鼠牙盘 4—滑块 5—蜗轮 6—轴 7—蜗杆 8、9、10—齿轮
11—电动机 12—微动开关 13—小轴 14—圆盘 15—压板 16—斜铁

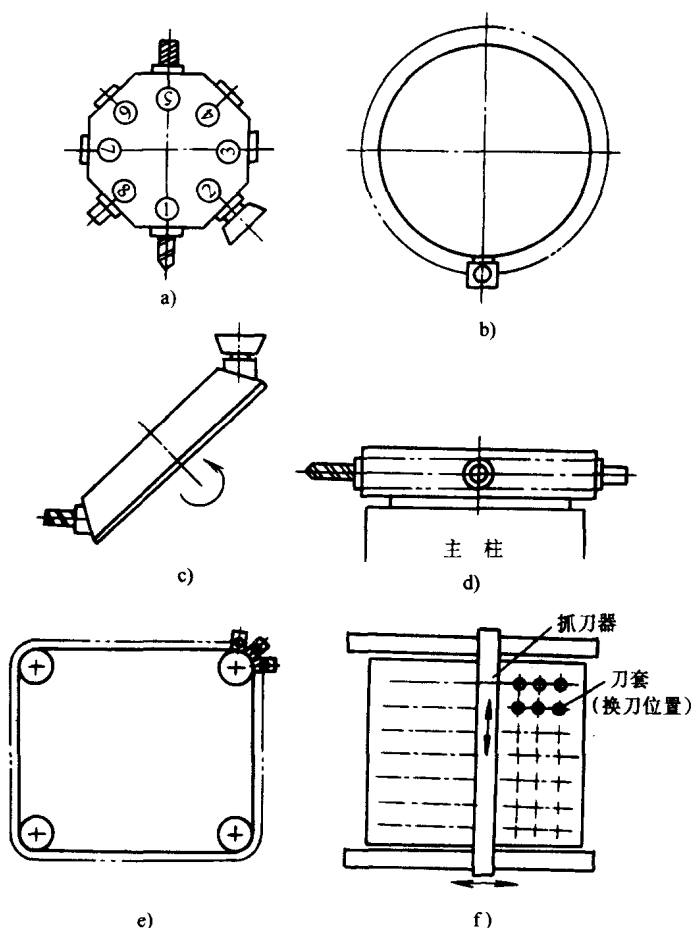


图 2-32 刀库种类

a) 转塔式 b) 圆盘式(侧挂型) c) 圆盘式(顶端型 I) d) 圆盘式(顶端型 II) e) 链式 f) 格子式

a) 转塔式刀库 如图 2-32a 为转塔式刀库, 主要用于小型立式加工中心。转塔式刀库转位方式有两种: 一种为借助机械方式转位, 此种方式的选刀均为顺序选刀; 另一种为由伺服电动机驱动转位, 此种刀库可以实现刀具的任意选择。

b) 圆盘式刀库 如图 2-32b、c、d 所示刀库, 卧式、立式加工中心均可采用。圆盘式侧挂型一般是挂在立式加工中心的立柱的侧面, 或挂在无机手换刀的卧式加工中心的立柱的正面; 圆盘式顶端型 I、II 则把刀库设在立柱顶上。

c) 链式刀库 如图 2-32e 所示, 链式刀库是目前用得最多的一种形式, 由一个主动链轮带动装有刀套的链条转动(移动)。

d) 格子式刀库 如图 2-32f 所示, 装有刀套的格子架固定不动, 在它的前面有抓刀器在上下、左右移动(二轴控制), 根据指令把需用的刀具抓到与主轴换刀的位置上, 换刀后再把已用刀具送回原位, 然后把下道工序将要用的刀具送到换刀位置。这种刀库的容量大, 适用于作为加工单元使用的加工中心。

2) 链式刀库结构及形式

a) 换刀位置 为保证刀套准停精度和刀套定位刚性, 链式刀库的换刀位置一般设在主动链轮上或设在尽可能靠近主动链轮的刀套处。图 2-33 为设在主动链轮上的示意图。

b) 链式刀库形式 链式刀库的形式很多, 图 2-34 为其中的三种形式。

(2) 机械手 机械手是自动换刀装置的重要机构。它的功能是把用过的刀具送回刀库, 并从刀库上取出新刀送入主轴。加工中心的换刀可分为有机械手换刀方式和无机械手换刀方式两大类。大多数加工中心都采用有机械手换刀方式。无机械手换刀方式只适用于 40 号刀柄以下的小型加工中心 (如 XH754 型卧式加工中心)。

1) 机械手的种类 机械手的种类繁多, 每个厂家都生产有自己独特的换刀机械手。图 2-35 至图 2-38 为部分机械手的类型。

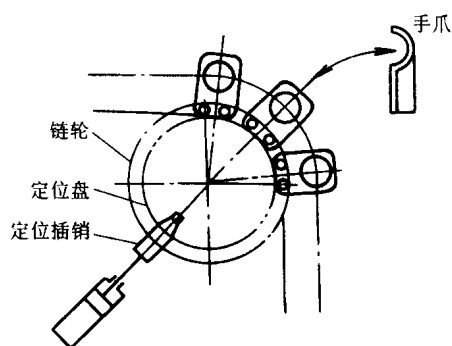


图 2-33 链式刀库换刀位置

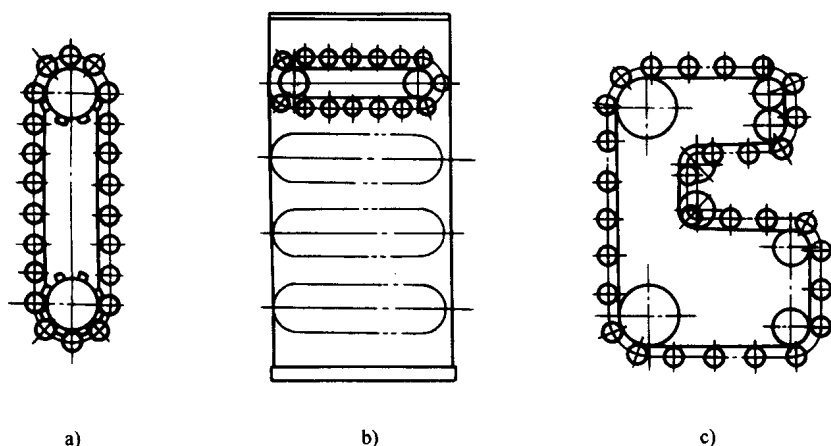


图 2-34 各种链式刀库

a) 单排链式刀库 b) 多排链式刀库 c) 加长链条的链式刀库

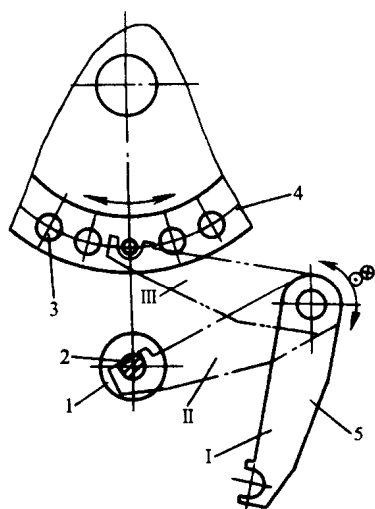


图 2-35 单臂单手式机械手 (I)

1—机床主轴 2—旧刀 3—新刀
4—刀库 5—机械手

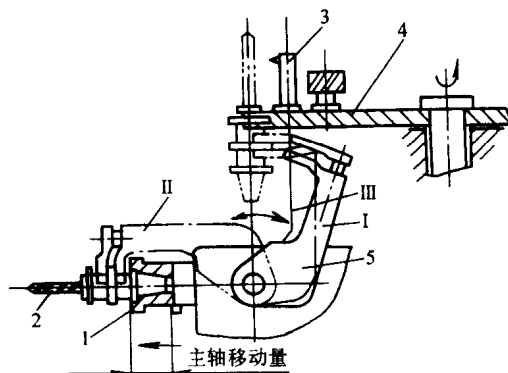


图 2-36 单臂单手式机械手 (II)

1—机床主轴 2、3—刀具
4—刀库 5—机械手

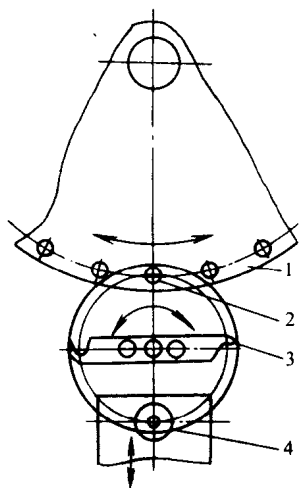


图 2-37 回转式单臂双手机械手 (I)

1—刀库 2—换刀位置刀座
3—机械手 4—机床主轴

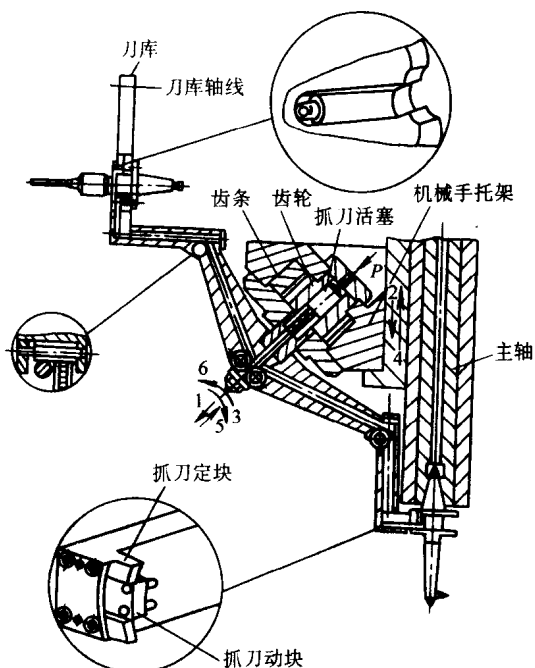


图 2-38 回转式单臂双手机械手 (II)

1—抓刀 2—拔刀 3—换位 (旋转 180°)
4—插刀 5—松刀 6—返回原位 (旋转 90°)

2) 机械手结构原理 如图 2-39 所示, 机械手结构及工作原理如下:

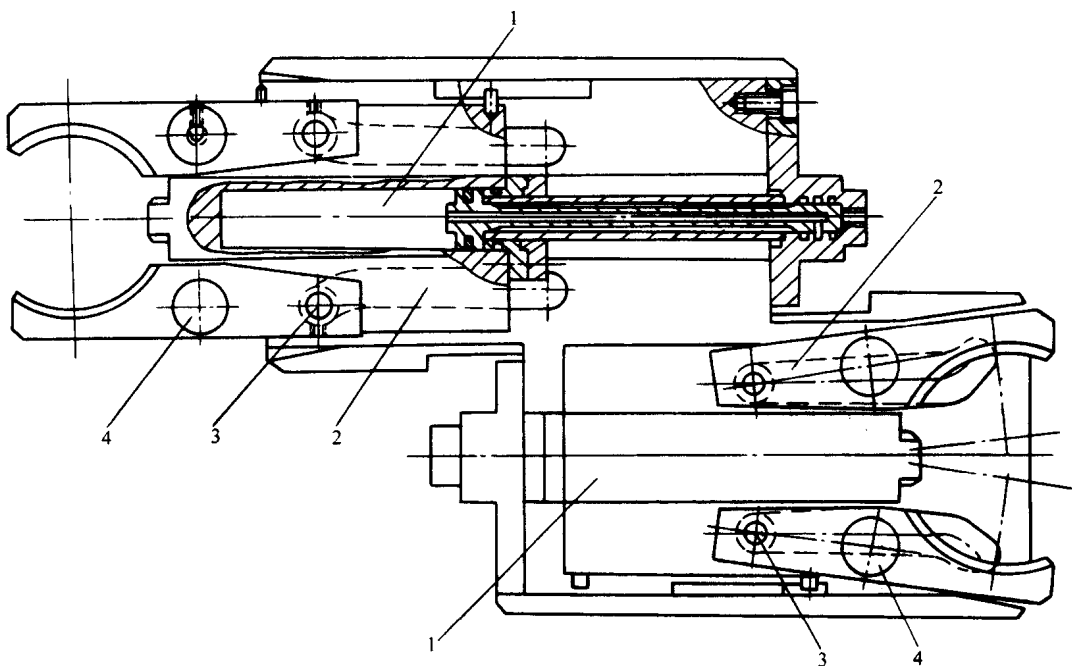


图 2-39 机械手结构原理图

1—液压缸 2—支架导向槽 3—销轴 4—销

机械手有两对抓刀爪, 分别由液压缸 1 驱动其动作。当液压缸推动机械手抓刀爪外伸时 (图 2-39 中上面一对抓刀爪), 抓刀爪上的销轴 3 在支架上的导向槽 2 内滑动, 使抓刀

爪绕销 4 摆动，抓刀爪合拢抓住刀具。当液压缸回缩时（图 2-39 中下面的抓刀爪），支架 2 上的导向槽迫使抓刀爪张开，放松刀具。由于抓刀动作由机械机构实现，且能自锁，因此工作安全可靠。图 2-40 为手臂和手爪结构图。

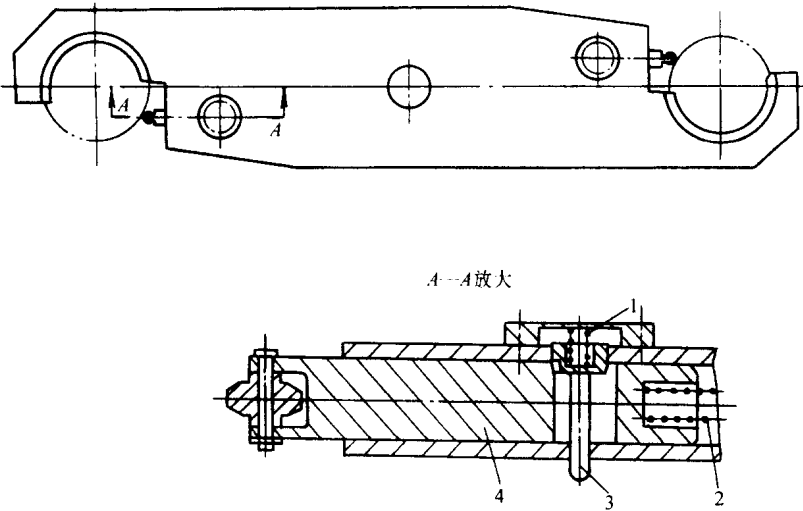


图 2-40 手臂和手爪结构
1、2—弹簧 3—锁销 4—活动销

二、自动换刀装置安装调试实例

现以 510 加工中心自动换刀装置安装调试为例，加以说明。

1. 换刀装置的组成及结构

图 2-41 是 510 加工中心自动换刀装置外形图。该装置配置在机床主轴箱立柱左侧，X

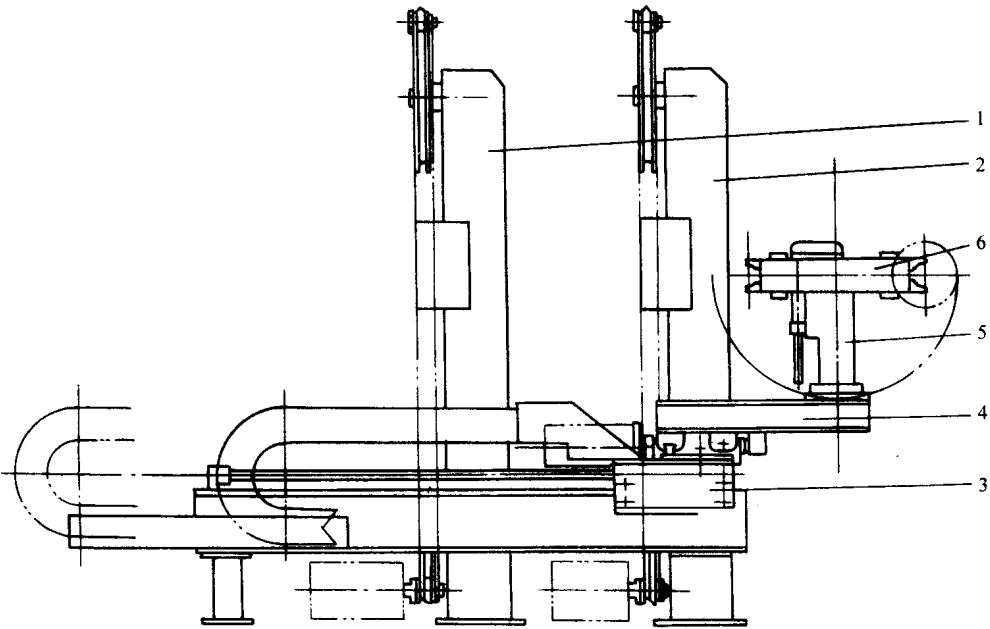


图 2-41 510 加工中心自动换刀装置
1—刀库（Ⅱ） 2—刀库（Ⅰ） 3—T 向滑台 4—D 向滑台 5—E 向回转立柱 6—机械手

坐标工作台的后面。它由五个部分组成,即刀库 1 和 2, T 向滑台 3, D 向滑台 4, E 向回转立柱 5 及机械手 6。

(1) 链式刀库 刀库结构如图 2-42a、b 所示,共有两座刀库,每座可以存放 50 把刀具,共 100 把。刀座 19 通过内、外链片 18 和 17 连成整根链条,当主动链轮 4 带动链条运行时,刀座 19 就会随之移动。传动装置位于刀库下部,由电动机 1,经减速器 3 (1/60),带动主动链轮 4 转动。从动链轮在上部,可借助螺栓 9 调节链条的松紧度。减速器 3 尾部的齿轮副 7 和 6 (36/100),带动定位编码器 5 旋转,供识别刀座用。刀库操作为手动和自动。手动方式用于调整及手动装刀;自动方式为程序预选刀具用。

在刀库的内外侧,设有手动装刀区和程序换刀区。为保证刀座 19 进入该区时的导向与定位,在刀座的两内链片 18 之间设有隔套 15 及 V 形环 21,而在该两区均配有导向条 16 和 20,使刀座 19 进入该区,就得到良好的导向与定位,并由它们承受装、拔刀时的轴向力。在手动装刀区还设有液压缸 12,供顶出刀柄用,而弹簧滚珠 13 用来锁住刀柄尾部。在程序换刀区的反射光电子检测器 10,是用来检测该位是否是空刀位;而定位检测器 11 用于精确定位。刀座链条可正反、快慢运行。

(2) T 向传输滑台 图 2-43 为 T 向滑台结构。该滑台的功能是:①在刀库与主轴间传递刀具;②完成在刀库上的装刀、拔刀动作。

工作时,由电动机 2 驱动,经同步带 4 传动滚珠丝杠副 9 和 10,使滑台 11 作平行于 X 坐标轴的 T 向运动。滑台底座 15 的右端及中部放置在两个刀库座上,左端有独立的支座,通过这种连接,把整个换刀装置有机地连接在一起,以保证其相对位置精度。滑座 15 上平面焊有两条长导轨条 16,滑台 11 以上、下八个滚轮 12、13 及侧向四个滚轮 14 在滑座 15 上运动。下滚轮 13 及一侧的两个侧滚轮,可借助偏心来调整运动间隙。滚珠丝杠 10 固定在滑座 15 上,而滚珠螺母 9 通过连接套 7 与带轮 5 连成一体,并通过螺母座 8 与滑台 11 相连。当带轮 5 连同螺母 9 一起转动时,滑台 11 就随着移动。

(3) D 向滑台 如图 2-43 所示,该滑台的功能是:①完成在主轴上的装刀、拔刀动作,②完成在刀库上的抓刀与装完旧刀后的退出动作。

D 向运动与 Z 坐标轴平行,行程 240mm,其运动由液压缸 28 实现。在 T 向滑台 11 的上平面上固定有两条滚珠导轨条 23,在 D 向滑台臂 21 的左方底面上,经连接板 25 固定着两条上导轨条 24。液压缸 28 固定在 T 向滑台 11 上,其活塞杆则通过连接板 29 与 D 向滑台后端面相连。于是,活塞移动就带动了 D 向滑台运动。

(4) E 向回转立柱 如图 2-44 所示,立柱可水平回转 90° (即 E 向运动),使机械手臂面向刀库或面向主轴,使抓住的刀具轴线与装刀孔轴线平行或重合,为下一步装刀、拔刀动作做好准备。立柱的回转运动由摆式液压缸 6 实现。其尾部与柱销 5 连接,后者固定在 D 向滑台上。活塞杆 4 端头与活节 2 相连,当活塞杆 4 移动时,活节 2 推动柱销 1 摆动。柱销 1 与转接盘 8 焊接,而转接盘 8 与内滚道 10、立柱 12 用螺钉连接。因此,当柱销 1 摆动时,立柱 12 也随着一起回转。回转运动的导轨由内、外滚道 10 和 7 及滚珠组成。

(5) 机械手 机械手臂可在垂直面内作 180° 回转,即 G 向运动,以实现新旧刀具的交换。机械手两端各有一对卡爪,用来抓刀。

1) 机械手 G 向回转。如图 2-44 所示, G 向回转由液压缸 13 完成。液压缸 13 的活塞

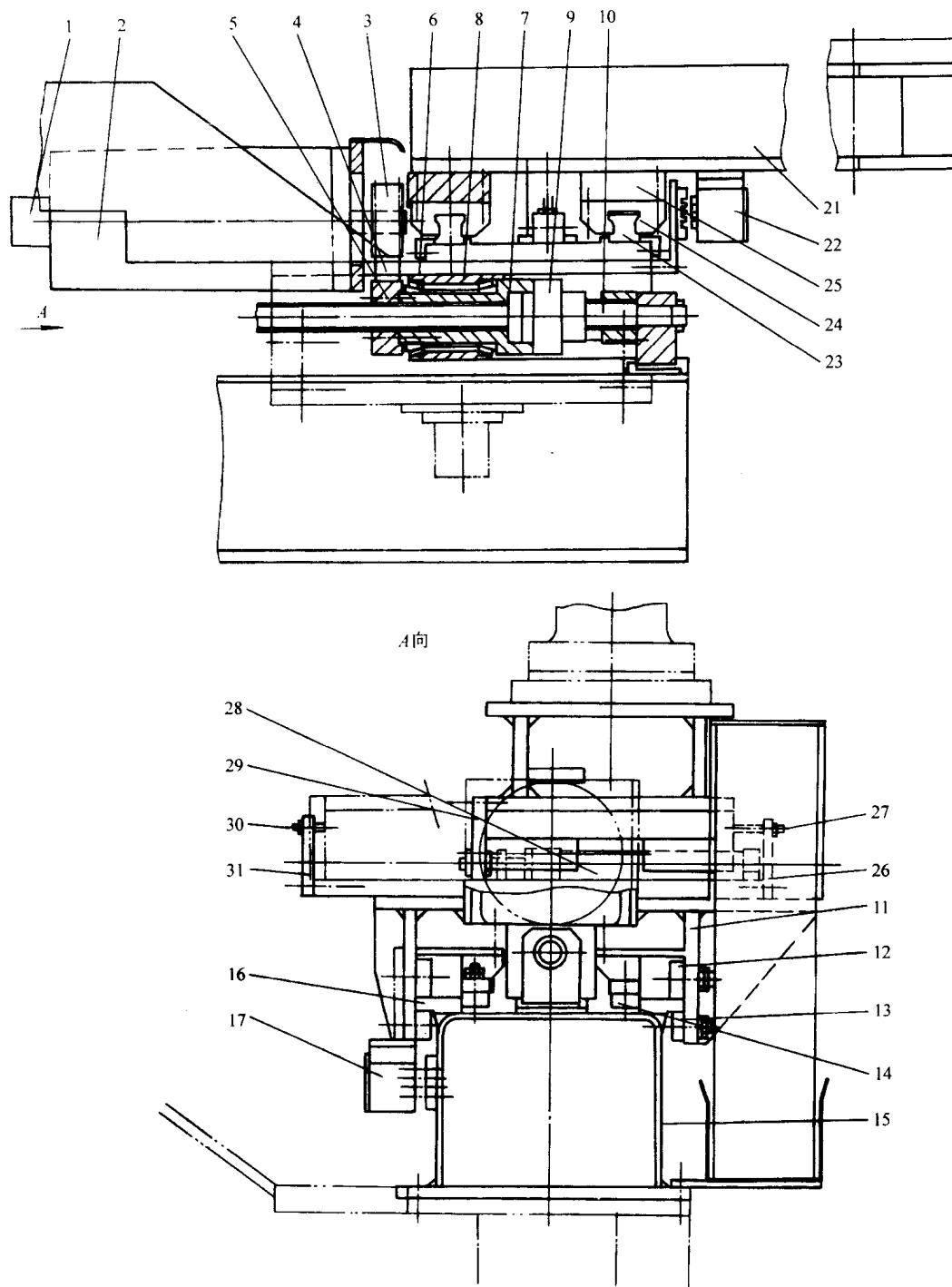


图 2-43 T 向与 D 向滑台

- 1—反馈编码器 2—电动机 3、5—带轮 4—同步带 6—圆锥滚子轴承 7—连接套 8—螺母座
 9—滚珠螺母 10—滚珠丝杠 11—T 向滑台 12—上滚轮 13—下滚轮 14—侧滚轮 15—T 向滑座 16—导轨条
 17、22—行程开关箱 21—D 向滑台悬台悬伸臂 23—滚珠导轨条 24—上导轨条 25—连接板 26—前端板
 27、30—调节螺钉 28—液压缸 29—滑台与活塞杆连接板 31—后端板

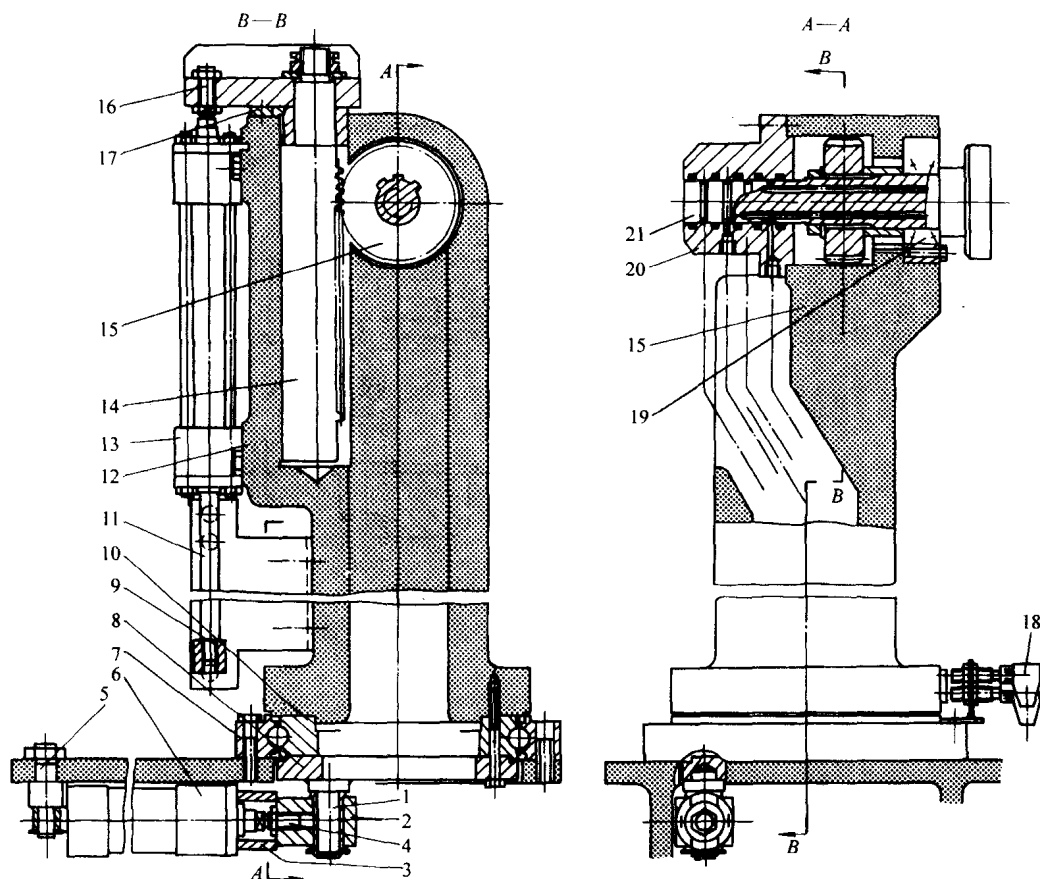


图 2-44 回转立柱与机械手回转运动

- 1—柱销 2—活节 3—定位块 4—活塞杆 5—柱销 6—液压缸 7—外滚道 8—转接盘
9—碰块 10—内滚道 11—活塞杆 12—立柱 13—液压缸 14—齿条 15—齿轮 16—连接板
17—调整块 18—接近开关 19—双列滚珠轴承 20—法兰盘 21—回转轴

杆 11 通过连接板 16 与齿条 14 相连，活塞杆 11 移动带动齿条 14 移动，使齿轮 15 回转，从而使支承在轴承 19 上的回转轴 21 连同手臂一起回转。

2) 机械手臂的结构。图 2-45 为手臂结构图，卡爪 2 的抓刀夹持动作过程如下：压力油通过手臂回转轴 21 的后支承法兰座 20 引入（图 2-44 所示），并由回转轴中的小孔通向回转臂中的小孔 7，推动活塞 6 向前移动。与此同时与活塞 6 连接的锥体 5 移动，锥体 5 产生的分力作用在滚子 4 上，使卡爪 2 绕销 1 转动，抱紧刀夹的夹持面。当小孔 7 油路卸压时，卡爪 2 在弹簧 3 作用下转动并张开，使刀夹被放松。

2. 换刀循环

(1) 运动代号及方向规定

D_- = D 向滑台离开主轴端面；

T_- = T 向滑台驶向刀库；

E_- = 立柱顺时针回转，手臂与 X 坐标垂直；

G_- = 手臂顺时针回转；

I_- = 卡爪张开；

K_- = 卡爪张开。

(2) 刀具交换循环顺序（主轴与机械手之间）

1) 准备。主轴水平位（即摆角机构 0 位）；主轴箱 Y 、 Z 坐标定位，发出可以进行刀

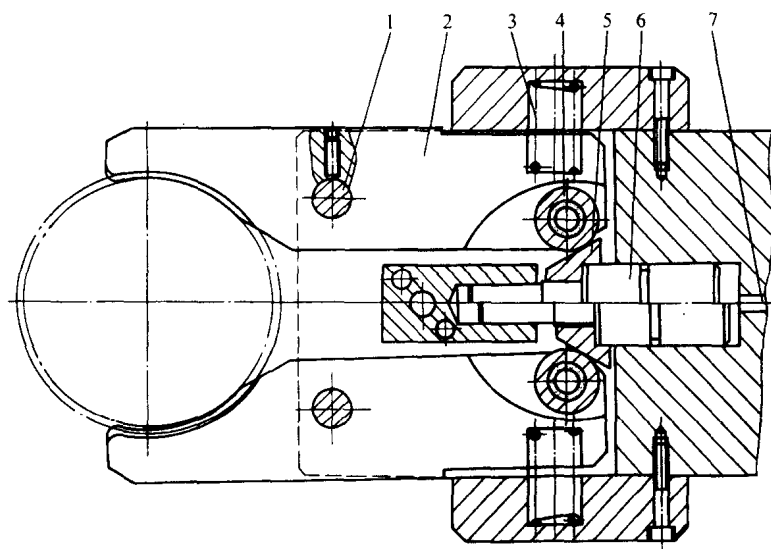


图 2-45 机械手臂结构图

1—销子 2—卡爪 3—弹簧 4—滚子 5—锥体 6—活塞 7—油孔

具交换指令；

2) 机械手进入加工区的门打开；

3) 机械手臂引向主轴并到位 (T_+)，此时左卡爪上夹有新刀；右卡爪张开，引入刀夹夹持部 (即 I_+ 、 K_- 或 L_- 、 K_+)；

4) 卡爪夹持起主轴上的旧刀 (I_+ 或 K_+)；

5) 主轴刀具松开，压缩空气接通；

6) 拔刀 (D_-)， $L=240\text{mm}$ ；

7) 手臂回转 180° (G 或 G_+)，新旧刀具交换位置；

8) 装刀 (D_+)；

9) 切断压缩空气，新刀被夹紧在主轴上；

10) 机械手右卡爪张开 (I_- 或 K_-)；

11) 地址号、刀库号、刀具号存储；

12) 机械手退出 (T_-) 并到位；

13) 关门、刀具交换循环结束，机床可进入加工程序。

3. 安装与调整

(1) 安装 安装的位置关系如图 2-46 所示。整个装置已拆分成三体 (刀库二、滑台一)。待主机床座连体，立柱安装到其床座上之后，就可以进行换刀装置的安装。安装顺序如下：

1) 将可调垫铁配置于基础上，并调至与床座下的垫铁大致相等的高度；

2) 两个刀库分别放置到位于垫铁上面。调整 I 号刀库与立柱床座间的距离，使其稍大于刀库-床座连接板的长度尺寸；再调整两个刀库间的距离 (只能移动 II 号刀库)；

3) 将滑台组件置于两个刀库的底座上平面上，并用圆柱销及螺栓把它们连成一体。把支座连到 T 向滑座左端下面，支座下配置垫铁；

4) 用刀库-床座连接板把整个换刀装置连向立柱床座，为此，必须在三个坐标方向进

行调整。连接位置调整合适后，用螺栓连接但不要拧紧；

5) 粗调水平，使全部垫铁受力均匀，安装工作完成，待下一步调整。

(2) 位置调整 换刀装置安装后，还需粗调其与主机的相对位置，调整精度应控制在 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ 之内。粗调工作是在机床“通电试车”阶段完成，并在调整主机水平、粗调机床的主要几何精度之后进行。调整时，换刀装置以手动方式操作。调整方法如下：

1) 输入指令，让机床自动运动到刀具交换位置；

2) 先调整 Y 坐标位置，即机械手卡爪中心与机床主轴自动换刀位的等高度调整。手动操作，使回转立柱 E_+ 位（手臂与 X 坐标平行），D 向滑台 D_+ 位（D 向滑台近主轴位）。用两根校对心棒，一根插入主轴锥孔，另一根为右卡爪夹持。然后 T 向滑台以 T_+ 方向使近主轴，测量两中心的等高度差，调整垫铁，使高度大致合适；

3) 调整 Z 坐标位置，即卡爪基面与主轴端面的相对位置调整。取下校对心棒，回转立柱，D 向滑台位置不变，T 向滑台以 T_+ 慢进，使卡爪移至主轴端面前，测量偏差，用基础上的调整螺钉推动刀库底座缘边进行调整。

4) 调整 T 向滑台运动对 X 坐标工作台导轨在两个平面内的平行度（允差 $0.05/300\text{mm}$ ）。垂直平面内的平行度可借调整 T 向滑台在两个方向上的水平来达到。水平面内的平行度可用常规测量方法检查。利用垫铁及调整螺钉进行平行度的调整；

5) 上述各项经反复调整达到要求后，拧紧连接板紧固螺栓；

6) I 号刀库的刀座端面与机床主轴轴线（基准 0）的 X 坐标位置（1350mm），由刀库—床座连接板的长度保证。两个刀库距离，由 T 向滑台连接时保证。

(3) 换刀装置的可调环节 换刀装置出厂前已对某些环节进行调整，重调时可作参考：

1) 手臂水平度的调整。手臂水平度由液压缸 13 的活塞上死点及调整块 17（见图 2-44）厚度来保证。调整时重点是手臂在两个极限位置时的水平度；

2) E_- 位置时手臂两卡爪基面与 D 向运动的平行度及 E_+ 位置时与 T 向运动的平行度，由调整定位块 3 厚度及液压缸 6 行程死点来保证（见图 2-44）；

3) 机械手卡爪夹持中心与刀库刀座孔轴心线的水平重合度调整。该项调整可以用 D 向滑台的后调节螺钉 30，调整 D 向前滑台的 D_+ 终端位置来调整（见图 2-43）。操作时注意，此项调整不能再用于调整卡爪基面与主轴端面的相对位置，否则本项重合度就会破坏；

4) D 向行程 240mm 的调整。该项调整用前调节螺钉 27 调整（见图 2-43）。

(4) 调试 调试工作在机床“精度和功能调试”阶段进行，它包括以下项目的调试：

1) Y、Z 坐标位置精确调试。如果在前面所述的调整中已达到要求，就不必再利用垫铁及调整螺钉的方法去进行精调。简单的方法是测出误差值，修改换刀位置点的设定（改变数控系统内的 Y、Z 坐标参数设定）就可以达到精调的目的。

2) X 坐标的位置设定 X 坐标上有三个位置需精确调整并设定：①卡爪在主轴上的换刀位；②卡爪在 I 号刀库上的取刀位；③卡爪在 II 号刀库上的取刀位。

除以上三个位置需精调外，在两个刀库上的拔刀行程（也是与主轴交换刀具后 T 向滑台的退出位及向刀库存放刀具时的装刀位）需调定。

上述各位置均由 T 向滑台伺服进给系统进行开环控制。通过调整各设定点的输入数据，即可调整、设定各点位置。

3) 刀库自动换刀位的调定。对换刀位上刀座孔轴心线与刀头中心在垂直面内的重合度，

应多次运转测试,使得在任意位置停位准确。调整时可利用定位检测器 11 来调定(见图2-42b)。

4) 位置调整完毕后,应锁紧各调整螺钉并紧固刀库地脚螺栓。

5) 空运转。以手动及自动方式对自动换刀系统进行空运转并进行调整(如各限位块的调整),要求达到动作准确无误。

(5) 负载试车 在刀库上装上几把接近规定重量的刀夹,进行多次从刀库到主轴的往复自动交换,调整好各有关部分,要求达到动作准确无误,无撞击,不掉刀。

第五节 位置检测装置的调整

一、位置检测装置的功用及分类

1. 位置检测装置的功用及要求

检测装置是用来提供实际位移信息的一种装置,其作用是检测运动部件位移并发出反馈信息,相当于人的眼睛和机床刻度盘的作用。在闭环伺服控制系统中,位置检测装置是其重要的部件,它的精度和工作稳定性对闭环控制有着决定性影响。位置检测的内容为长度、角度、位移及角位移。主要用于:①闭环伺服系统中的位置反馈;②开环或闭环伺服系统的误差补偿;③测量机、机床工作台等的坐标测量及数字显示;④齿轮、螺纹加工机床的同步电子传动;⑤直线-回转运动相互变换用的精密伺服系统等。

数控机床对位置检测装置的基本要求是:工作可靠,能满足机床精度和速度要求,抗干扰能力强,使用方便,成本低。普通闭环控制系统要求测量元件能测量的最小位移为 $0.001\sim 0.01\text{mm}$,测量精度在 $\pm 0.002\sim 0.02\text{mm/m}$ 内。对速度,要求能满足工作台运动速度为 $0\sim 20\text{m/min}$ 。

2. 位置检测装置分类

(1) 回转型

1) 增量式

- | | |
|-----------|------------|
| a) 脉冲编码器 | b) 旋转变压器 |
| c) 圆感应同步器 | d) 圆光栅、圆磁栅 |

2) 绝对式

- | | | |
|------------|-------------|-------------|
| a) 多速旋转变压器 | b) 绝对值脉冲编码器 | c) 三速圆感应同步器 |
|------------|-------------|-------------|

(2) 直线型

1) 增量式

- | | |
|------------|------------|
| a) 直线感应同步器 | b) 计量光栅、磁尺 |
|------------|------------|

2) 绝对式

- | | |
|--------------|-----------|
| a) 三速直线感应同步器 | b) 绝对值式磁尺 |
|--------------|-----------|

二、常用位置检测装置简介

1. 直线型位置检测装置

(1) 感应同步器 感应同步器是一种电磁式位置检测元件。直线感应同步器由作相对平行移动的定尺和滑尺组成,定尺和滑尺之间有 $0.25\pm 0.05\text{mm}$ 的均匀气隙。如图2-47所示,定尺安装在机床导轨上,其长度大于被检测件的长度,滑尺较短,安装在运动部件上。

定尺和滑尺均由基板（钢或铝合金板）、平面绕组和保护屏蔽层等部分组成。基板主要用于增强感应同步器的强度。定尺保护层为耐切削液涂层，滑尺保护层为一层带绝缘的铝箔，起静电屏蔽作用。平面绕组是感应同步器的关键部分，在定尺上是一个连续不断的矩形绕组，滑尺上分布两个长度方向相差 $1/4$ 节距的正弦绕组和余弦绕组。绕组是将铜箔用绝缘粘合剂贴在基板上，并用印刷腐蚀制成的。感应同步器安装时，两尺保持平行。由于感应同步器工作条件较差，安装使用时应加强防护，最好使用防护带将尺面覆盖起来，以保证检测可靠。表 2-1 为直线感应同步器参数。

表 2-1 直线感应同步器参数

	标准尺	窄尺	三速尺	带式尺
绕组节距/mm	2	2	4000 100 2	2
绝对精度/mm	± 0.0025	± 0.005	± 7 ± 0.15 ± 0.005	$\pm 0.01\text{mm/m}$
重复精度/ μm	0.25	0.5	0.5	1

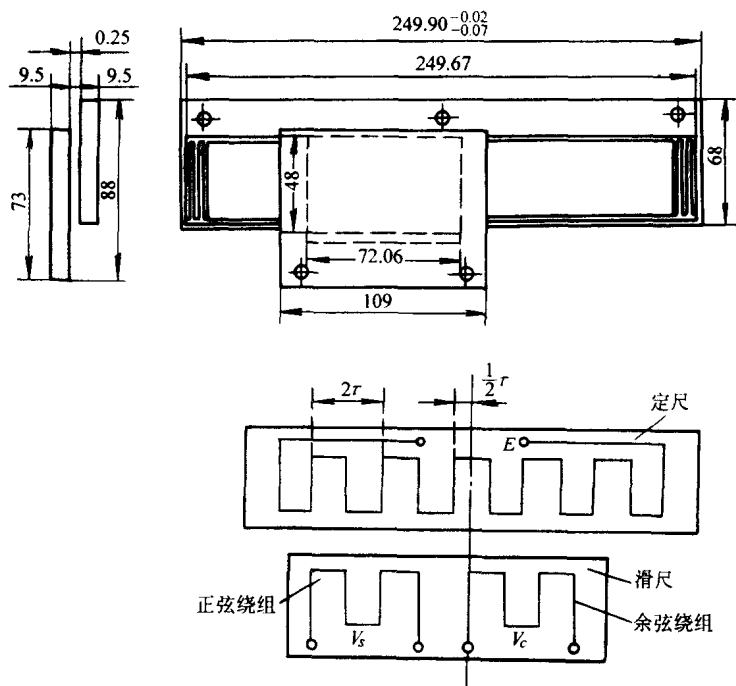


图 2-47 直线感应同步器结构

(2) 磁栅（磁尺） 磁栅（又称磁尺），是用电磁方法计算磁波数目的一种位置检测元件。用它作直线和角度位移量的测量，具有精度高、复制简单、安装调整方便、抗污染能力强等优点。磁栅因速度受限制（ $v_{\max} < 5\text{m/min}$ ），因此在高速数控机床上一般不采用。它主要用于改造型数控机床、精密机床和各种测量机。

磁栅（磁尺）检测装置由磁性标尺、感应磁头和检测电路三部分组成。

1) 磁性标尺 磁性标尺是在非导磁材料（钢、不锈钢、铝等）基体上，涂覆或镀上一层几十微米厚的磁性材料，形成均匀的磁性膜，然后在录磁机上或使用位置上录上节距相等周期变化的磁化信号。磁化信号可以是脉冲，也可以为正弦波或饱和磁波。磁化信号的节距一般有 0.05、0.10、0.20、1.0mm 等几种。图 2-48 是按磁性标尺基本形状分类的各种磁尺。

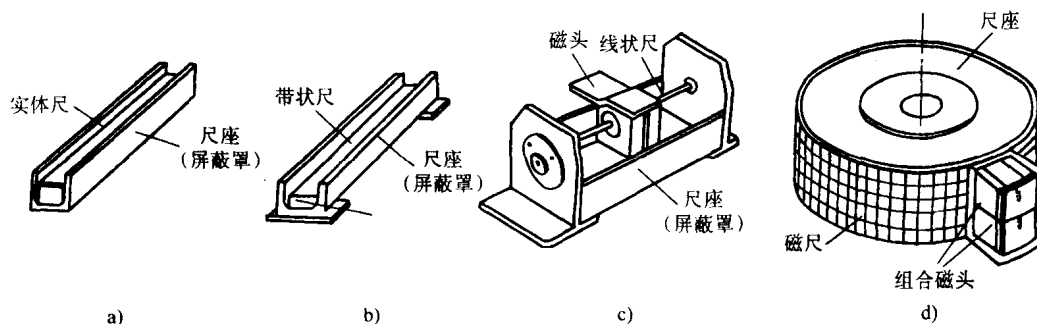


图 2-48 按磁性标尺基体形状分类的各种磁尺

a) 实体型磁尺 b) 带状磁尺 c) 线性磁尺 d) 回转性磁尺

2) 磁头 磁头是进行磁电转换的器件。它将反映位置变化的磁化信号检测出来，并转换成电信号输送给检测电路。常用的磁头有两种：一种是速度响应型磁头，另一种是磁通响应型磁头。

(3) 光栅尺（增量式光电直线编码器） 光栅尺是一种结构简单、精度高的位置检测器。图 2-49 和图 2-50 为 HEIDENHAIN 增量式直线编码器的工作原理和结构图。它与旧式光栅比较，有了很大改进：①标尺与扫描头为全密封结构，防护性好；②结构更简单，截面尺寸小，安装方便；③反射式编码器具有补偿导轨误差的功能；④相配的电子线路设计成标准系列器件，可供选用。

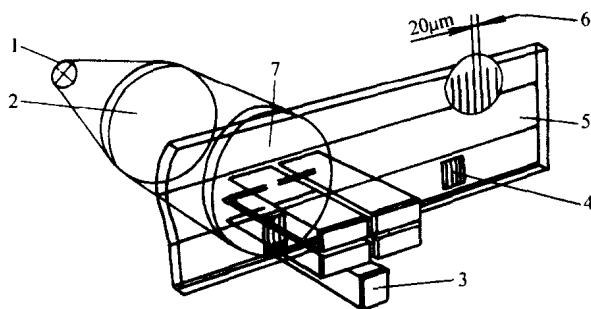


图 2-49 HEIDENHAIN 增量式直线编码器工作原理

1—光源 2—聚光透镜 3—硅光电池 4—基准标记
5—标尺光栅 6—线纹节距 7—指示光栅

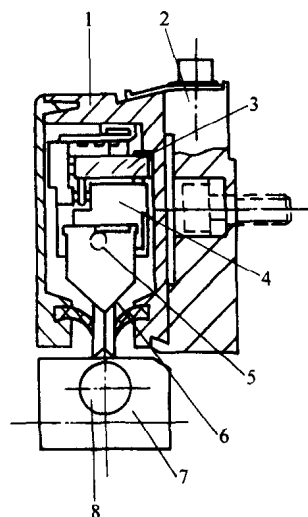


图 2-50 HEIDENHAIN 增量式直线编码器结构

1—尺座组件 2—安装座 3—标尺光栅 4—扫描头
5—连接件 6—密封条 7—扫描头安装座 8—电缆

2. 旋转型位置检测装置

(1) 旋转变压器（同步分解器） 旋转变压器又称分解器，是一种输出电压随转子转角变化的角位移测量装置（一种控制用交流微电动机）。图 2-51 是旋转变压器结构示意图。图 2-51a 为有刷结构，图 2-51b 为无刷结构。

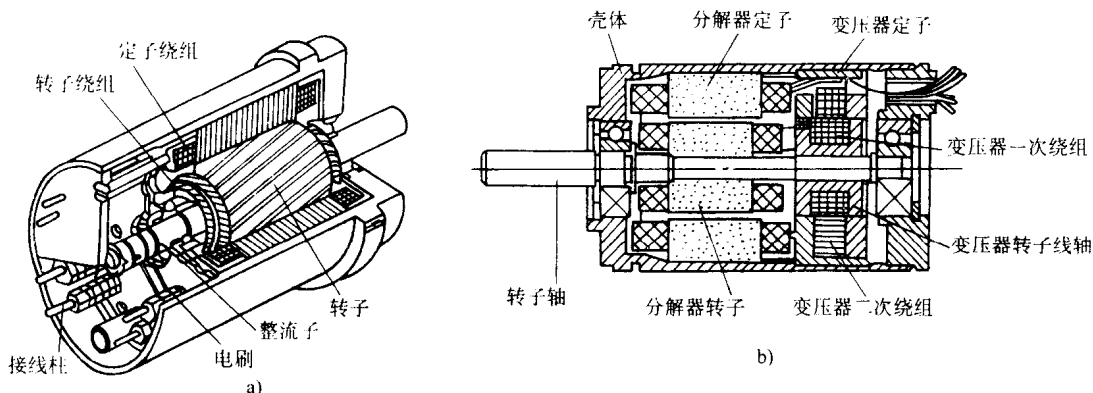


图 2-51 旋转变压器

a) 有刷构造 b) 无刷构造

旋转变压器定子绕组为变压器的一次侧，转子为变压器的二次侧，励磁电压接到一次侧，频率通常为 400Hz、500Hz、1000Hz 以及 5000Hz 等几种。频率高的旋转变压器尺寸可以显著减小，特别是转子的惯性矩可达到很小，适用于加、减速度大，或与高精度的齿轮、齿条组合使用的场合。定子和转子都有两个相互垂直的绕组，定子和转子绕组之间的互感系数是按转子偏转角度的正弦和余弦规律变化，一个信号与转子角度的正弦成比例变化；另一个信号与转子角度的余弦成比例变化。有刷旋转变压器转子绕组接至滑环，由电刷引出输出电压。无刷旋转变压器没有滑环和电刷，比有刷旋转变压器可靠性高、寿命长，更适合于数控机床。

旋转变压器分单对极和多极形式。常用的为二极旋转变压器。旋转变压器的测量精度一般为 $10' \sim 30'$ 。

(2) 脉冲编码器（增量式角度编码器） 脉冲编码器是一种把机械转角变为电脉冲的角位移传感器。目前，数控机床上都采用光电式脉冲编码器，其最初的结构就是一种光电盘。其结构如图 2-52 所示。在一个圆盘的圆周上分成相等的透明与不透明部分，圆盘与工作轴一起旋转。此外，还有一个固定不动的扇形薄片与圆盘平行放置，其结构上制作有辨向狭缝。当光线通过这两个作相对运动的透光与不透光部分时，使光电元件接收到的光通量也时明时暗地连续变化（近似于正弦信号），经放大、整形电路的变换后变成脉冲信号。通过计量脉冲的数目和频率即可测出工作轴的转角和转速。

目前国产脉冲编码器产品大致可分为两种类型：一种是绝对式编码器，它采用的是码盘元件。这类编码器主要用于雷达、导航等设备；另一种是增量式编码器，它采用光栅盘或磁盘等元件，这类编码器主要用于步进电动机驱动的经济型机床数控系统，作为车螺纹用的主要配套件。表 2-2 和表 2-3 是部分编码器主要技术数据表。

三、位置检测装置的安装与调整

1. 直线感应同步器的安装

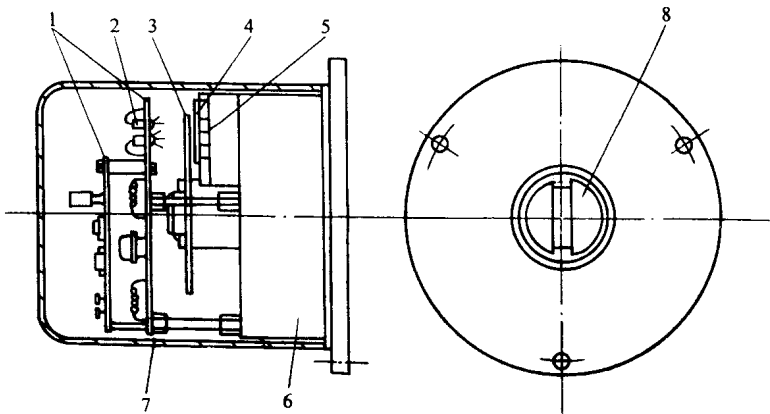


图 2-52 光电脉冲编码器结构示意图

1—印制电路板 2—光源 3—圆光栅 4—指示光栅 5—光电电池组 6—底座 7—护罩 8—轴

表 2-2 HEIDENHAIN 公司增量式角度编码器主要动技术数据

	ROD423	ROD450	ROD700
刻线数	50~5000	50~5000	9000, 18000, 25920, 32400, 36000
精度 (分辨率)	$\pm 18^{\circ}/z$	$\pm 18^{\circ}/z$	$\pm 12^{\circ}/z$
最高转数 / $r \cdot \min^{-1}$	12000	6000	10000
扭矩 (20°C) / $N \cdot cm$	≤ 1	≤ 1	≤ 1.2
轴允许负载 轴向	10	40	30
/ N 径向	20 (轴端)	60	30
工作温度 / $^{\circ}C$	0~70	20~85	0~50
重量 /kg	0.4	0.3	3.5
联轴器型号	K14; 3EBN3	K17-0.2; K17-0.3 6EBN3	K01; K15; K16

表 2-3 部分国产编码器的参数表

类型	脉冲测速电机式	金属光栅盘式	玻璃光栅盘式		
生产单位	西安微电机研究所	台州无线电厂	长春第一光学仪器厂	南京 3304 厂	江苏张家港市光电仪器厂
型号	130cYM600	SSJ-2	LEc LF	MB1270 MB1200	BM1 BM2
脉冲数 /r	600	1200	LEc: 1000 LF: 1200	1270 1200	1024
电源电压 /V		12	5	12	5
外形尺寸: 直径 $\phi \times$ 长度 / (mm \times mm)	$\phi 130 \times 72$	$\phi 60 \times 90$	LEc: $\phi 56 \times 53$ LF: $\phi 60$	$\phi 80 \times 90$	BM1 BM2 $\phi 70 \times 69$ $\phi 70 \times 73$
轴径尺寸: 直径 $\phi \times$ 长度 / (mm \times mm)	$\phi 14 \times 32$	$\phi 8 \times 15$	LEc: $\phi 5 \times 15$ LF: $\phi 50$	$\phi 6$	BM1 BM2 $\phi 5 \times 19$ $\phi 8 \times 20$
其他	分离式			用 001 线路板	

(1) 安装要求 图 2-53 是直线感应同步器的安装总图。定尺组件和滑尺组件分别安装在机床两个作相对位移的部件上（如工作台和床身上）。图 2-54 为该感应同步器的外形尺寸、安装尺寸和安装要求。

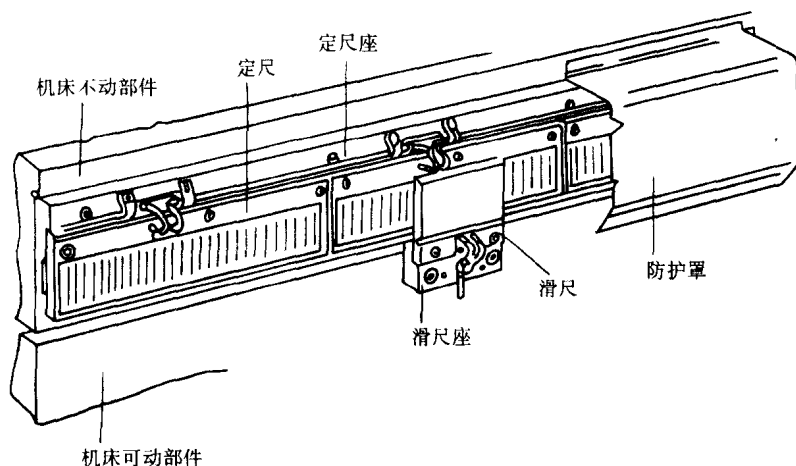


图 2-53 直线感应同步器安装总图

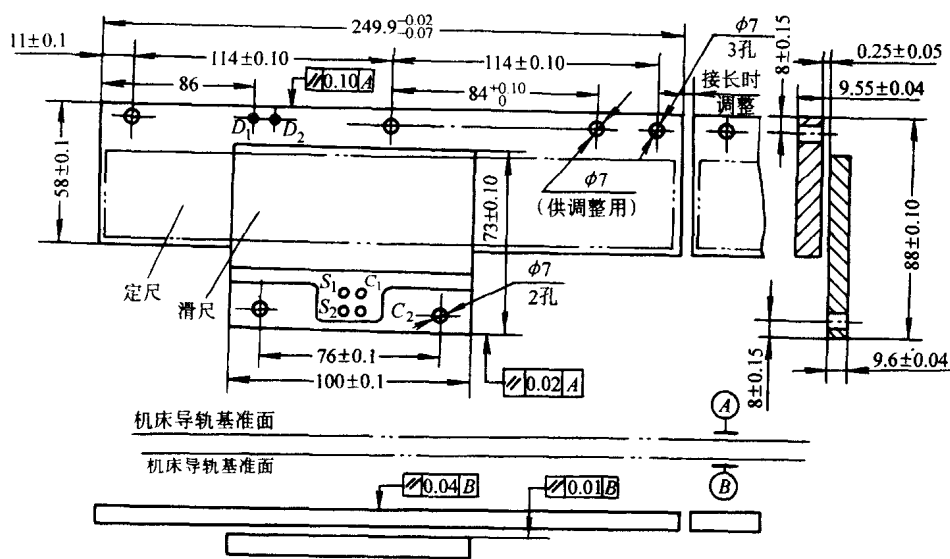


图 2-54 直线感应同步器外形尺寸、安装尺寸和安装要求

- 1) 定尺侧母线与机床导轨基准面 A 的平行度允差 0.1mm/全长，定尺安装平面与机床导轨基准面 B 的平行度允差 0.04mm/全长；
- 2) 滑尺侧母线与机床导轨基准面 A 的平行度允差 0.02mm/全长；
- 3) 定尺基准侧面与滑尺基准侧面的距离尺寸 88 ± 0.1 mm；
- 4) 定滑尺之间间隙为 0.25 ± 0.05 mm；
- 5) 定滑尺四角间隙差不大于 0.05mm。如图 2-55 所示，用塞尺测量；
- 6) 定尺安装面挠曲度每 250mm 应小于 0.01mm，如图 2-56 所示；
- 7) 在切削机床上使用时，应加防护罩，防止铁屑等飞入定、滑尺间；

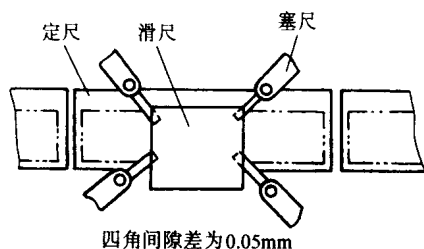


图 2-55 定、滑尺四角间隙差的测定

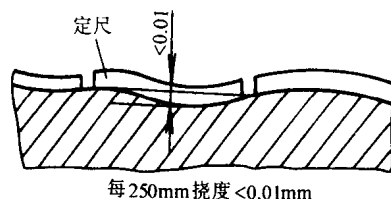


图 2-56 定尺安装面挠曲度

(2) 安装实例 图 2-57 是卧式镗床纵向坐标感应同步器的安装图。定尺组件直接安装在床身加工面上，定尺安装面与导轨的平行度已由加工保证。定尺座导缘面对导轨的平行度可以采用千斤顶和百分表等工具用常规方法进行调整。定、滑尺的间隙和两基准面的距离 $88 \pm 0.1\text{mm}$ ，分别由调整垫 6 和 2 的厚度来保证。

2. LB326 型增量式直线编码器的安装与调整

(1) 安装方案 图 2-58 为 LB326 编码器外形图。其安装采用了图 2-59、图 2-60 和图 2-61 三种不同的方案。三种不同方案的区别在于扫描头安装面的位置不同及是否采用支架安装。

(2) 安装步骤与要求

1) 检查安装面 A 对导轨的平行度，允差为 0.3mm ；A 面的平面度允差 0.05mm ；

2) 检查扫描头安装面 C、D 或 E' 对导轨的平行度，允差 0.01mm ，对 A 面的平行度或垂直度允差 0.1mm ；

3) 检查扫描头安装面 C 或 E' 到安装面 A 的距离是否符合图 2-59 所示值；

4) 把尺座装到 A 面上，及螺钉 $M5 \times 50$ 轻轻拧紧；

5) 找正尺座侧面 B' 与导轨的平行度，允差 0.3mm 拧紧固定螺钉 ($5\text{N} \cdot \text{m}$)；

6) 移动扫描头安装面，使其与扫描头对准，装上扫描头固定螺钉，轻轻拧紧；

7) 找正扫描头 E' 或 D' 面，使其对导轨面的平行度不大于 0.1mm ；调整扫描头与尺座的间距，保持在测量全长上 $1.5 \pm 0.3\text{mm}$ ；

8) 拧紧扫描头固定螺钉（方案 I、II 为 $8\text{N} \cdot \text{m}$ ；方案 III 为 $5\text{N} \cdot \text{m}$ ）；

9) 检查尺座固定螺钉与电缆插头间的电阻，应小于 1Ω （插头不能与计数器联接）；

10) 检查安装误差并测试测量系统功能。

(3) 长度校正 如图 2-58 所示，一般情况下，编码器制造厂家已进行了校正，其误差小于 $\pm 5\mu\text{m}/\text{m}$ 。当导轨直线误差较大时，为了补偿误差，可以通过改变金属带状光栅尺的预张力，对其重新进行校正，其调校量为 $0 \sim \pm 100\mu\text{m}/\text{m}$ 。校正步骤如下：

1) 取下尺座右盖上的校正螺钉、保护塞；

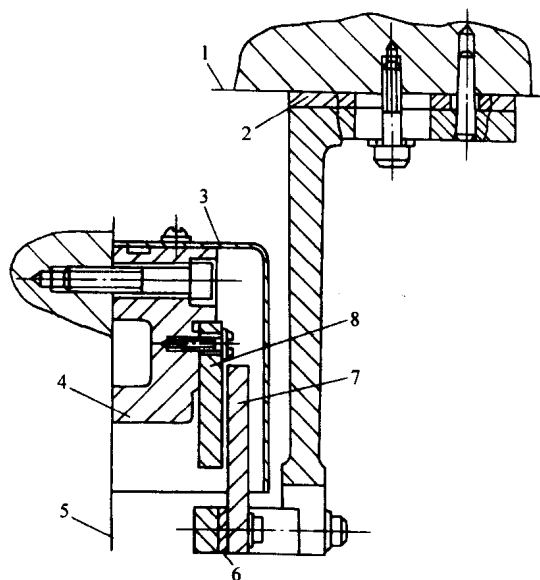


图 2-57 感应同步器直接安装在床身加工面上的实例

1—滑座 2、6—调整垫 3—防护罩
4—定尺座 5—床身 7—滑尺 8—定尺

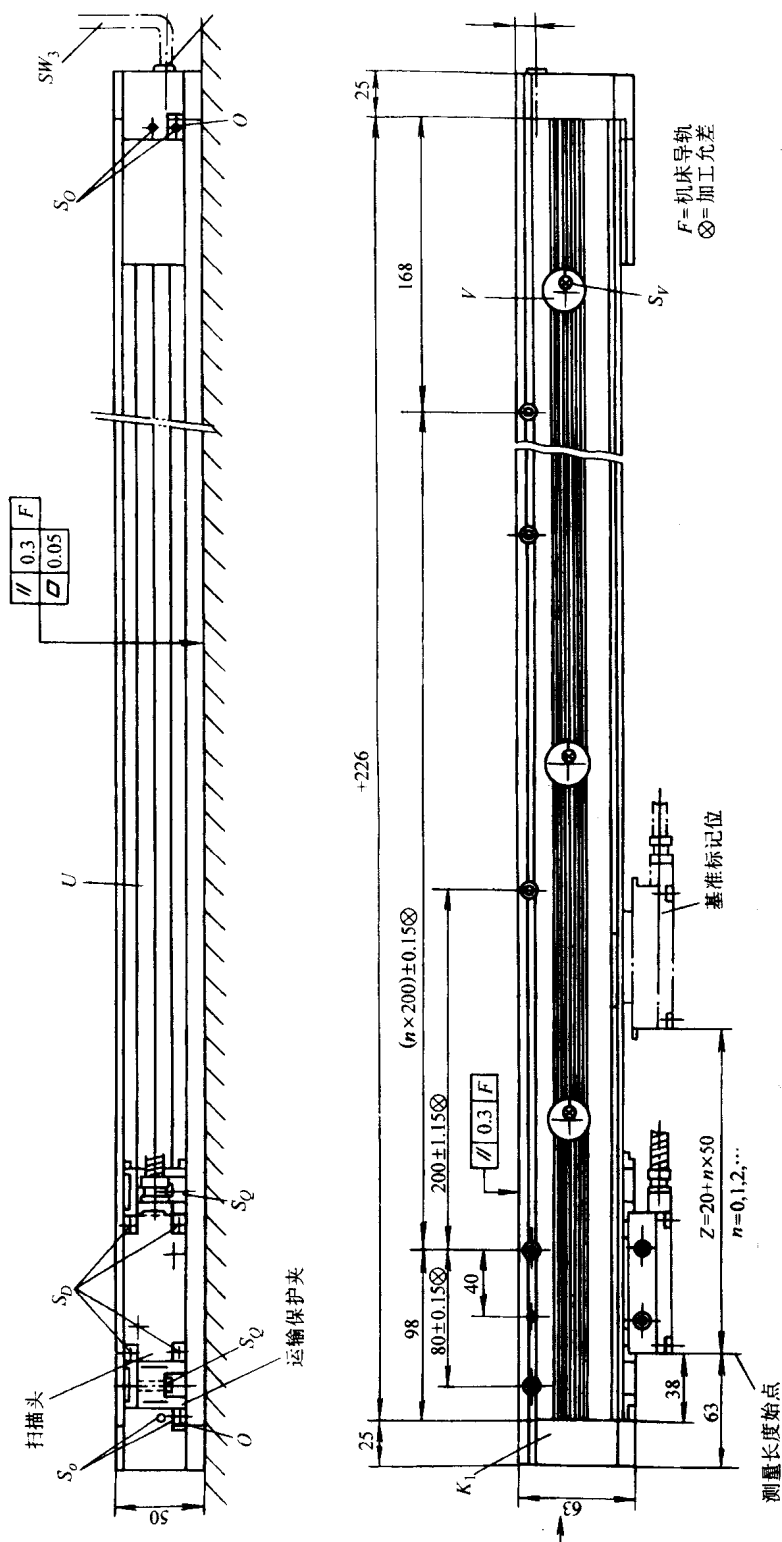
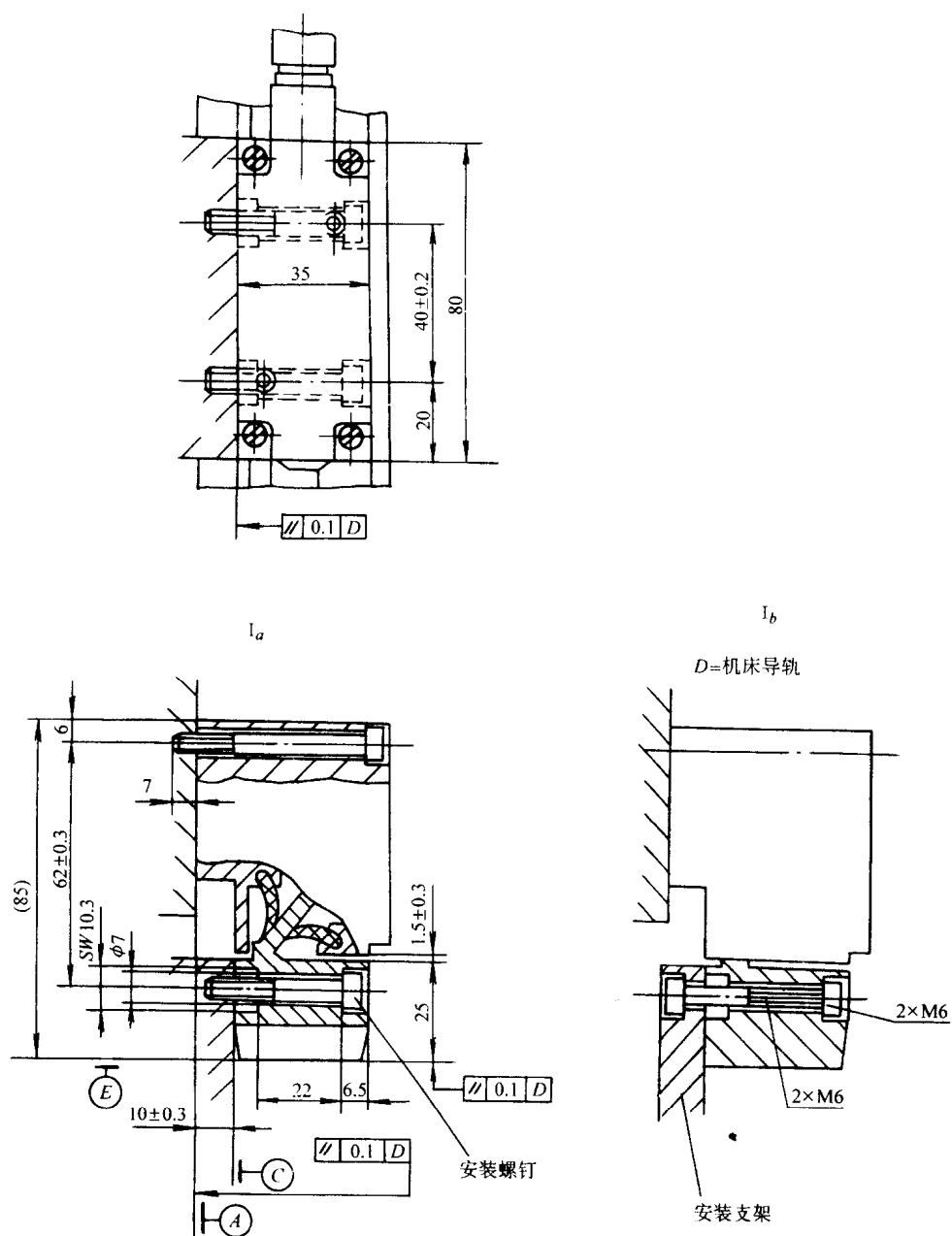
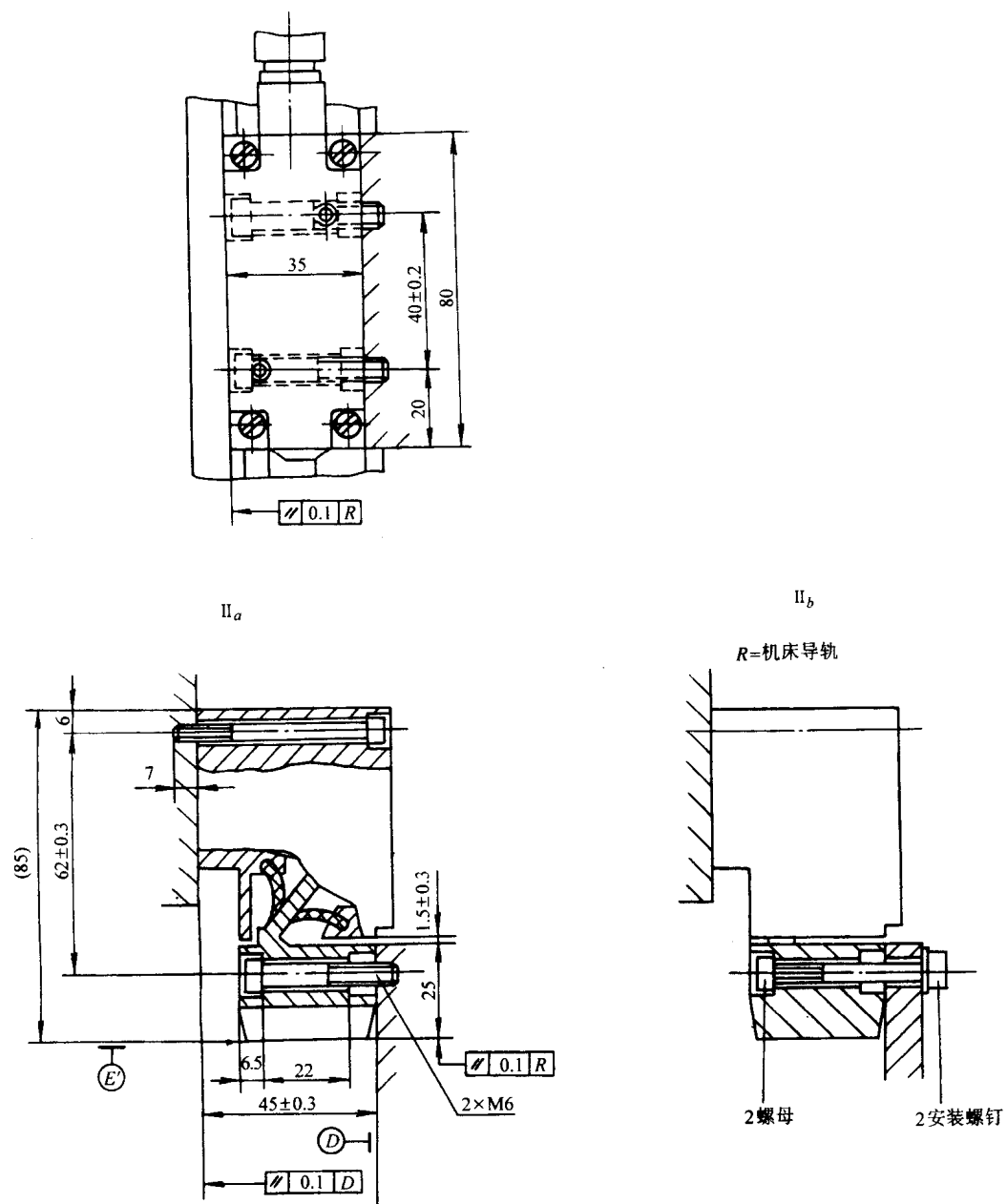


图 2-58 LB326 编码器外形图

图 2-59 安装方案 I (I_a 和 I_b)

图 2-60 安装方案 II (II_a 和 II_b)

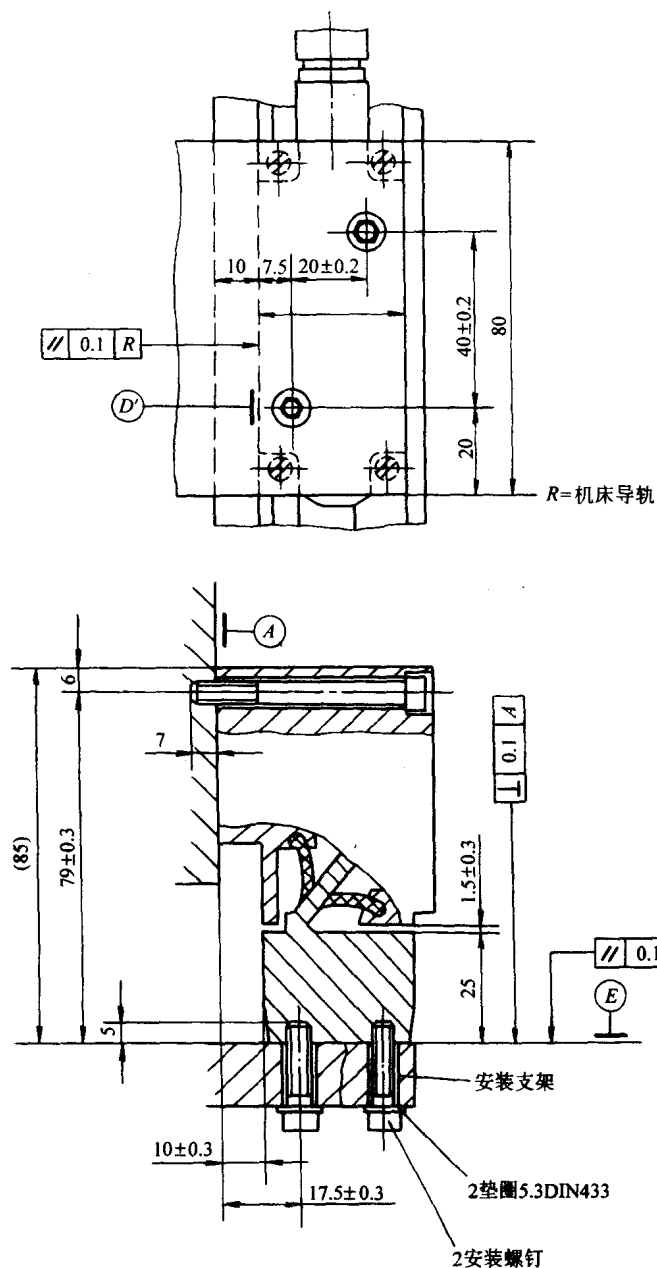


图 2-61 安装方案Ⅲ

- 2) 把扫描头与计数器相连, 并把它移到尺座左端;
- 3) 把激光干涉仪 (也可用其他仪器) 置于工作台上并对零;
- 4) 在全行程上移动扫描头, 转动校正螺钉, 使计数器显示与激光干涉仪读数相符;
- 5) 调校完毕, 装上保护塞。

(4) 测量系统分段校正 (图 2-62) 除了长度校正之外, 还可对尺的刻度与导轨误差进行分段补偿, 每段 200mm, 其极限补偿量为 $\pm 10\mu\text{m}$, 全长上不超过 $\pm 20\mu\text{m}$ 。两个校正点之间的校正曲线为直线, 所以测量系统的校正曲线为一条分段折线。分段校正法步骤如下:

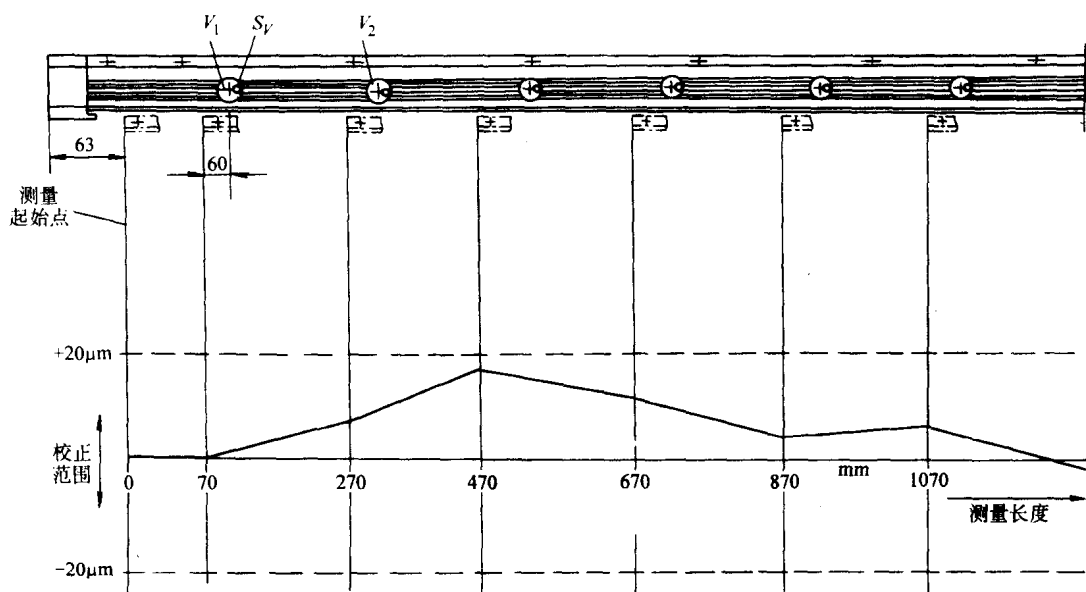


图 2-62 分段校正法

- 1) 将激光干涉仪置于工作台上；
- 2) 把扫描头移到尺座左端（量程起点），使计数器与干涉仪对零；
- 3) 把扫描头右移 70mm，此时扫描头的左侧与第一个校正盘 V_1 的中心距约 60mm，转动校正盘，使测量系统显示与激光干涉仪读数相符（校正盘每转过的一条刻线约为 $7\mu\text{m}$ ）；
- 4) 拧松第一个校正盘 V_1 的螺钉 S_V ；
- 5) 重新拧紧螺钉 S_V （扭矩 $0.5\text{N}\cdot\text{m}$ ）；
- 6) 扫描头右移 200mm；
- 7) 按 4)、5) 校正第一段；
- 8) 逐段校正。（必须从左开始向右逐段校正，不可反向）；
- 9) 检查全程误差曲线，需要重调时应重头开始。

3. 旋转变压器的安装

(1) 安装部位 旋转变压器安装有三种方式：①与电动机同轴（图 2-63）；②与最终传动环节同轴；③由以上两处传出（图 2-64）。

(2) 轴连接方式

1) 直接连接 通过各种联轴器连接。联轴器形式有：锥销套筒型；夹紧环型；波纹管型；膜片型等。夹紧环型已在前面介绍过。

2) 间接连接 通过齿轮、同步带传动（见图 2-64）。

(3) 波纹管型、膜片型联轴器 这两种联轴器为 HEIDENHAIN 角度编码器专用（表 2-4）。可实现弹性无间隙传递，精度高，结构轻，装拆方便。其外形尺寸见图 2-65。

4. 角度编码器的安装

(1) 安装方式 角度编码器的安装均为法兰式安装，其安装形式分为三种，如图 2-66 所示。安装面与安装孔的精度要求见表 2-5。

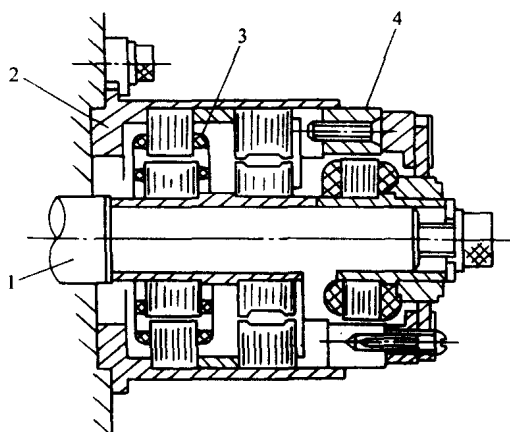


图 2-63 旋转变压器与电动机同轴安装

1—电动机轴 2—机壳 3—旋转变压器 4—测速发电机

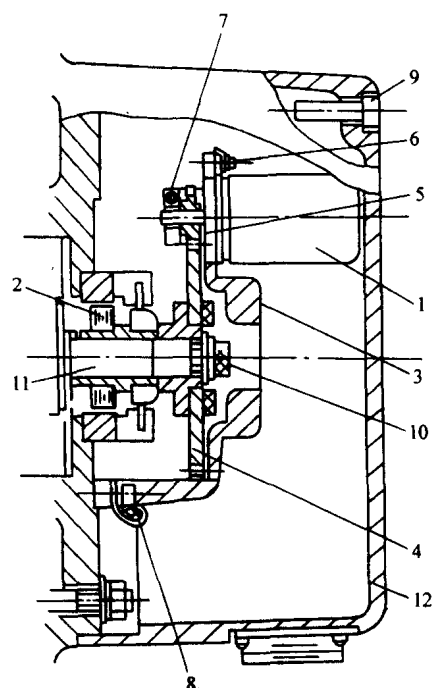


图 2-64 旋转变压器由电动机轴经齿轮副传动

1—单对极旋转变压器 2—测速发电机 3—安装板
4—大齿轮 5—小齿轮 6—M3 螺钉 7—夹紧块
8—电缆夹与螺钉 9—螺钉 10—M6 螺钉
11—电动机轴 12—防护罩

表 2-4 HEIDNHAIN 角度编码器专用联轴器技术数据

	K01	K14	K15	K16	K17	3EBN3	6EBN3
传递运动误差/s	± 1	± 10	± 0.5	± 0.5	± 10	± 40	± 20
角向滞后/s	1	5	0.5	0.5		5	
允许扭矩/N·cm	50	20	50	50		10	
允许径向跳动/mm	± 0.3	± 0.2	± 0.3	± 0.3	± 0.5	± 0.2	± 0.2
允许角向误差 (°)	± 0.5	± 0.5	± 0.2	± 0.5	± 1	± 0.5	± 0.5
允许轴向跳动/mm	± 0.2	± 0.2	± 0.1	± 0.1	± 0.5	± 0.3	± 0.3
允许转速/r·min ⁻¹	3000	10000	1000	1000		10000	
夹紧螺钉/mm	150	100	100	100		150	
重量/kg	180	38	250	410		9	
孔径 (F7) /mm	14	6	14	14	6、10	6	10

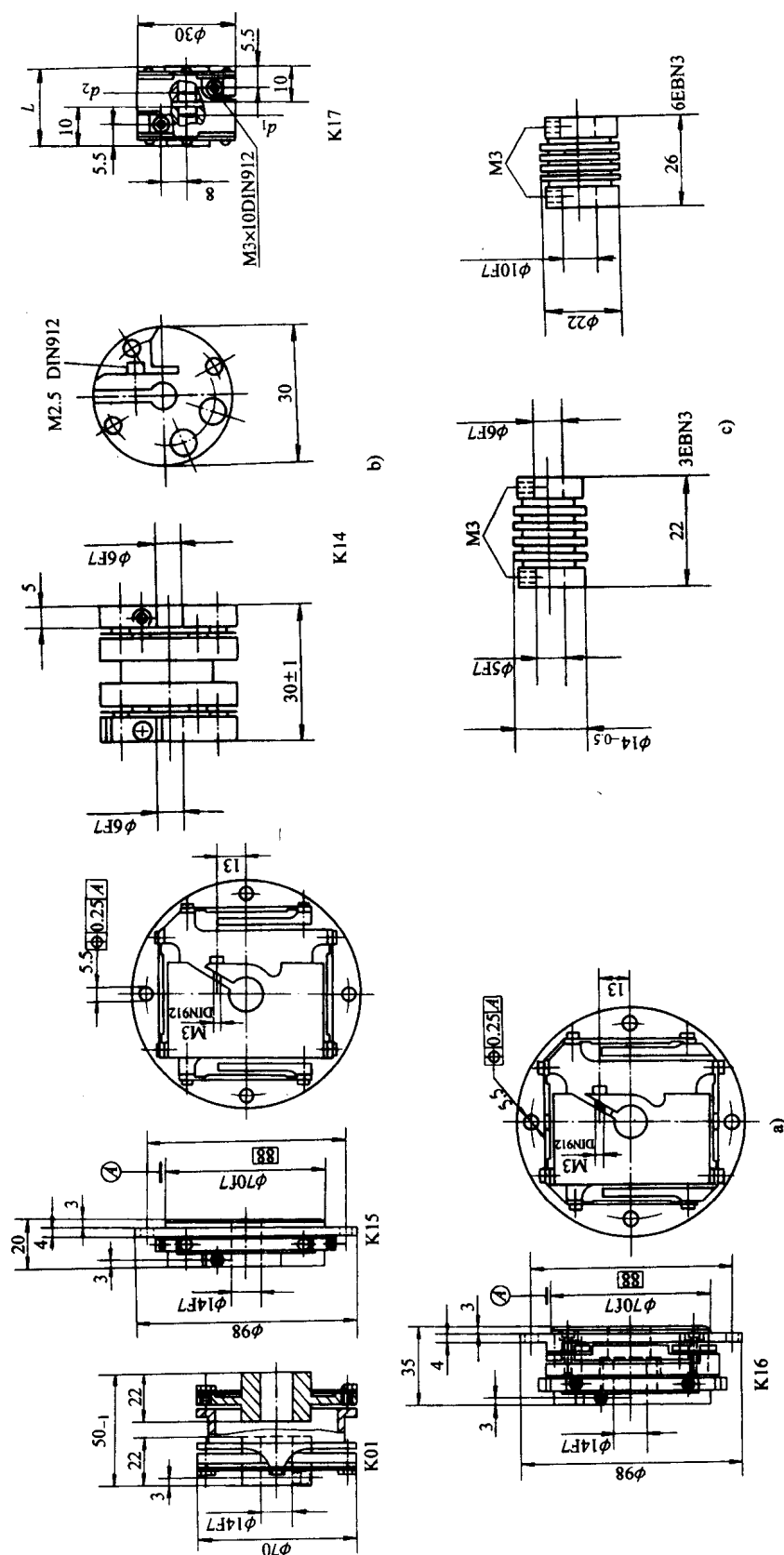


图 2-65 波纹管型、膜片型联轴器

a) K01、K15、K16 联轴器 b) K14、K17 联轴器 c) 3EBN3、6EBN3 联轴器

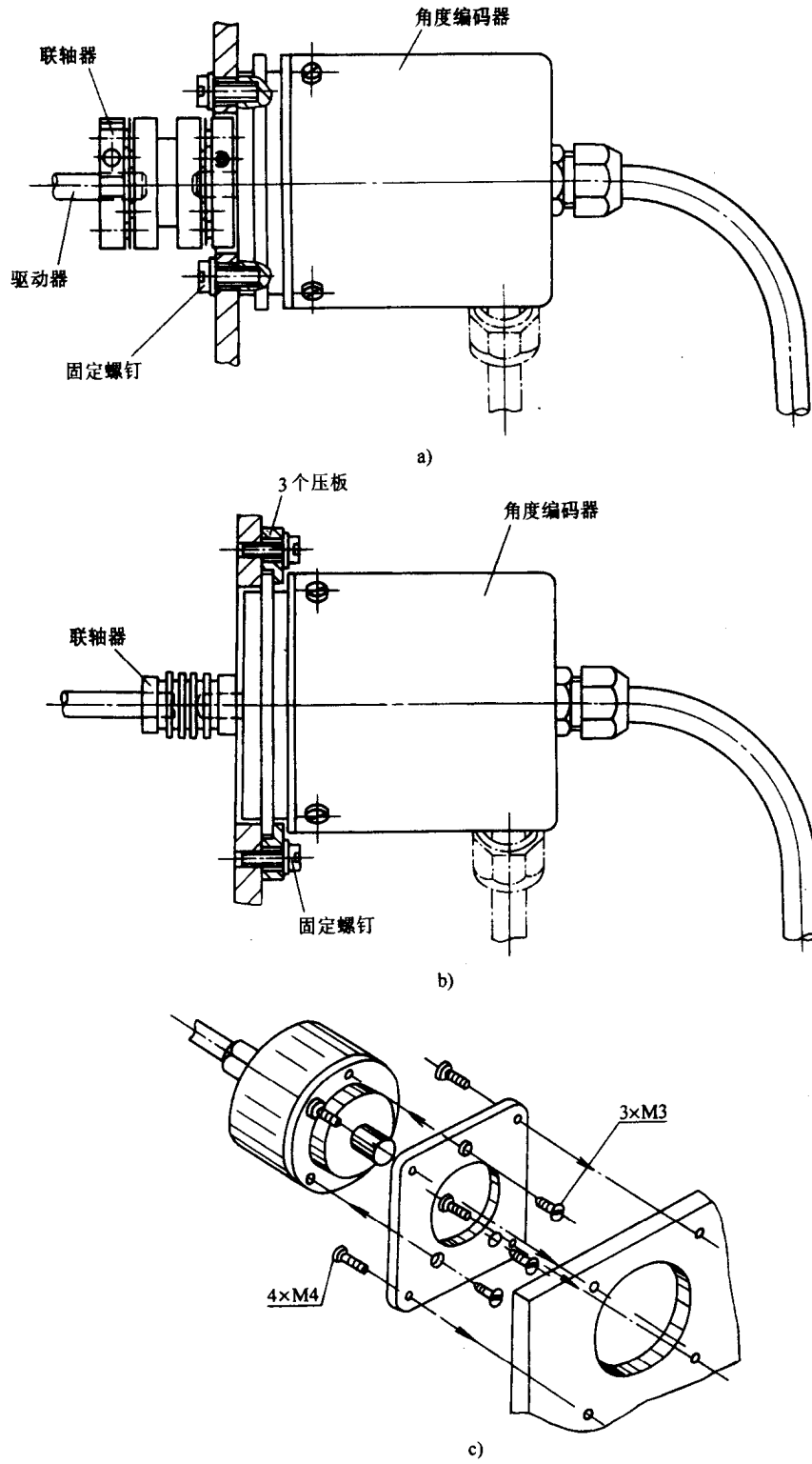


图 2-66 角度编码器安装形式

a) 直接安装 b) 压板安装 c) 过渡法兰安装

表 2-5 角度编码器安装面与孔要求

	普通型	精密型
端面垂直度/mm	0.1	0.05
端面平面度/mm	0.05	0.03
孔尺寸精度	H7	G6

(2) 联轴器连接要求

- 1) 两连接轴之间的误差应小于规定值;
- 2) 夹紧螺钉的转矩应达到规定值, 螺钉要用防松剂封固;
- 3) 驱动轴轴径尺寸精度: (普通型) f7, (精密型) h6;

(3) 齿轮、同步带传动要求

- 1) 传动件配合孔尺寸精度 F7;
- 2) 同步带张紧力调整要合适。工作一段时间后应检查、调整;
- 3) 安装时应注意消除传动间隙, 如齿轮啮合处、扭矩传递处等的间隙消除, 并定期检查、调整。

安装、拆卸编码器时, 注意不要使转轴受力过大 (见说明书), 以防轴变形。

第六节 床身导轨的调整

机床导轨的功用主要是支承和引导运动部件沿一定轨道运动。在导轨副中, 运动的一方叫运动导轨, 不动的一方叫支承导轨。

一、导轨的种类及特点

导轨按其摩擦性质可分为滑动导轨、滚动导轨和静压导轨三大类。

1. 滑动导轨

滑动导轨的优点是结构简单, 制造方便, 刚度好, 抗振性高, 是机床用得最广泛的一种导轨。这种导轨的缺点是: 静摩擦因数大, 且动摩擦因数也随速度变化而变化, 摩擦磨损大, 低速 ($1\sim 60\text{mm/min}$) 时易出现爬行现象而降低运动部件的定位精度。为提高滑动导轨的耐磨性和改善摩擦特性, 可通过下述方法来解决:

1) 选用合适的导轨材料及热处理。如采用优质铸铁、合金耐磨铸铁或镶淬火钢导轨, 采用导轨表面滚轧强化、表面淬硬、镀铬、镀钼等方法来提高导轨耐磨性。

2) 采用工程塑料导轨面, 即在导轨面上贴、涂上一层薄的新型塑料。这种贴、涂塑导轨具有良好的抗磨、减磨吸振、消声性能, 能在 $-20\sim 280^{\circ}\text{C}$ 范围内工作。满足了机床导轨低摩擦、耐磨、无爬行、高刚度的要求, 且成本低, 工艺简单, 有良好的使用性。目前在数控机床、精密机床和重型机床等产品上广泛采用。

2. 滚动导轨

(1) 滚动导轨的特点 滚动导轨与滑动导轨的主要区别是在导轨面之间放置滚动体 (滚珠、滚柱、滚针), 使导轨面之间为滚动摩擦而不是滑动摩擦。滚动导轨与滑动导轨比较, 有以下优点:

- 1) 摩擦因数小。滚动导轨摩擦因数为 $0.005\sim 0.01$, 只有滑动导轨的 $1/10$ 。因此摩擦

力小，工作所需牵引力小，移动轻便；

2) 运动平稳，无爬行现象。由于滚动导轨动、静摩擦因数相差不大，因此低速时不易产生爬行，运动平稳，灵敏度高，定位精度高，重复定位精度可达 $0.2\mu\text{m}$ 。

3) 磨损小，使用寿命长。

滚动导轨的主要缺点是抗振性差，防护要求高，结构复杂，制造成本高。主要用于高精度数控机床和坐标镗床等。

(2) 滚动导轨的结构形式

1) 滚针导轨 图 2-67a 所示为滚针导轨结构。其特点是尺寸小，长径比大，结构紧凑，一般用于导轨尺寸受限制的机床上。

2) 滚珠导轨 图 2-67 b、c 为滚珠导轨结构。特点是：导轨接触面小，刚度低，承载能力小。一般适用于运动部件质量不大（通常小于 $100\sim 200\text{kg}$ ）和切削力不大的机床，如数控磨床、仪器导轨等。

3) 滚柱导轨 图 2-67d 为滚柱导轨结构。这种导轨的刚度及承载能力都比滚珠导轨大，不易引起振动。目前，数控机床多采用这种导轨。

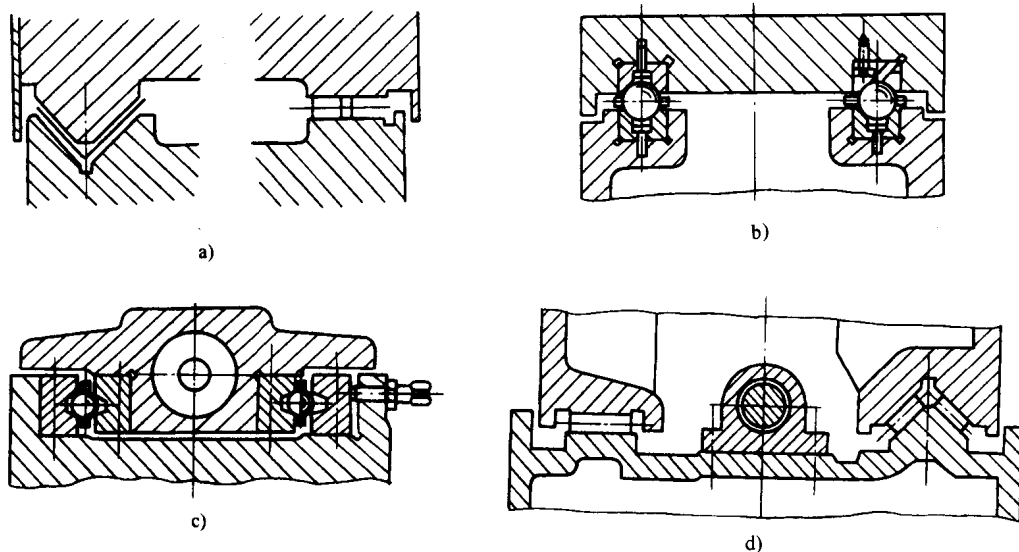


图 2-67 滚动导轨结构形式

a) 滚针导轨 b)、c) 滚珠导轨 d) 滚柱导轨

3. 静压导轨

静压导轨是将压力油经节流器输送到导轨面上的油腔中，形成承载油膜，将互相接触的导轨表面隔开，实现液体摩擦。如图 2-68 和图 2-69 所示。这种导轨摩擦因数小（一般为 $0.005\sim 0.001$ ），机械效率高，能长期保持导轨导向精度。承载油膜吸振性好，低速下不易产生爬行，在机床上的应用日益广泛。但缺点是结构复杂，需要配置一套专门的供油系统。

静压导轨分为开式和闭式两大类。图 2-68 为开式静压导轨原理图，图 2-69 为闭式静压导轨原理图。

二、机床导轨安装调整要求

1. 滑动导轨调整要求

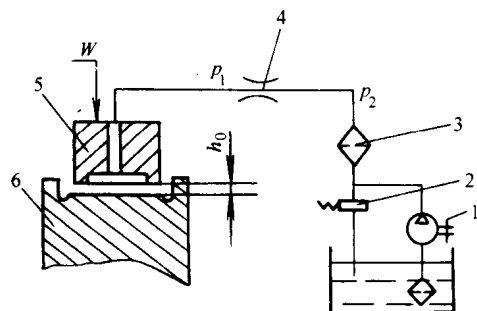


图 2-68 开式静压导轨工作原理

1—液压泵 2—溢流阀 3—过滤器
4—节流器 5—运动导轨 6—床身导轨

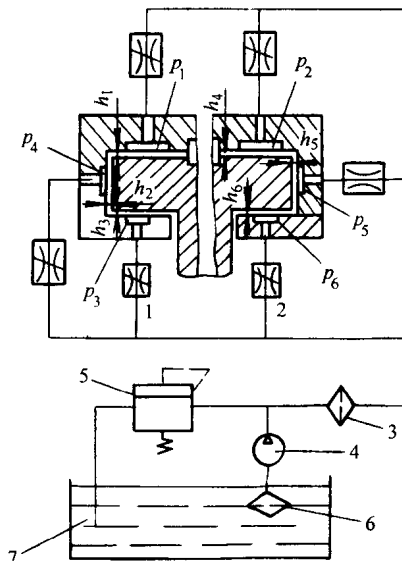


图 2-69 闭式静压导轨工作原理

1、2—节流器 3、6—过滤器
4—液压泵 5—溢流阀 7—油箱

滑动导轨的调整方法简单，安装调整中主要是要保证如下精度要求：①导轨面的平面度通常取 $0.01 \sim 0.015\text{mm}$ ；②长方向的直线度通常取 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ ；③侧导向面的直线度为 $0.01 \sim 0.015\text{mm}$ ；④侧导向面之间的平行度为 $0.01 \sim 0.015\text{mm}$ ；⑤侧导向面对导轨底面的垂直度为 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ ；⑥镶钢导轨的平面度应控制在 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ 以下，平行度和垂直度在 0.01mm 以下；⑦贴塑导轨应保证粘结剂厚度均匀且粘结牢固。

2. 滚动导轨调整要求

(1) 滚动导轨预加负载的方法 滚动导轨有预加负载和不予加负载两类。图 2-70 是预加负载的方法。图 2-70a 是通过相配零件相应尺寸关系来形成预加负载。调整时测量出滚动体的实际尺寸 A ，然后刮研压板与溜板的接合面或其间的垫片，由此形成包容尺寸 $A - \delta$ 。过盈量的大小可通过实际测量决定（ δ 为过盈量），而不是通过调节决定。过盈量大小将影响导轨工作性能。过盈量一般每边为 $5 \sim 6\mu\text{m}$ 。国外的经验数据：滚动体循环式滚珠导轨支承的过盈量为 $0.03\mu\text{m}$ ，滚动导轨为 $0.02\mu\text{m}$ 。图 2-70b 是用移动导轨板的方法来实现预加负载。调整方法和原理与滑动导轨间隙的调整相似，即拧侧面的螺钉 3 就可调整导轨体 1 和 2 的距离而实现预加负载。

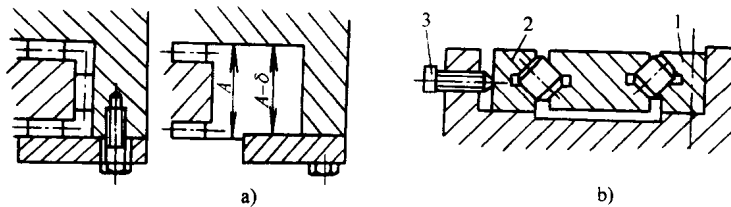


图 2-70 滚动导轨预加负载的方法

(2) 滚动导轨调整要求 加工中心上使用的直线滚动导轨一般选用精密级（D 级）。安

装直线滚动导轨的安装基面精度，必须等于或高于导轨精度。

- 1) 安装精密级直线滚动导轨的安装基面，平面度一般取 0.01mm 以下；
- 2) 安装基面两侧定位面之间的平行度取 0.015mm 左右；
- 3) 侧定位面对底平面安装面的垂直度为 0.005mm。

3. 静压导轨调整要求

(1) 钢板焊接结构静压导轨的装配 机床在安装调整床身导轨精度时应注意以下事项：

- 1) 应重视基础的刚度；
- 2) 环境气温不能变化太大，避免太阳直射和其他热源影响（最好在恒温车间调整）；
- 3) 选择精密测量仪器（如光学及激光准直仪、电子水平仪等）、减少测量误差；
- 4) 保持调整垫铁与基础联接面、床身联接面接触良好，防止接触不良而引起精度变化，保证机床精度稳定；

5) 紧固地脚螺钉时用力要均匀，各个螺钉、螺母松紧程度应一致，以保证床身能均匀地压紧在调整垫铁上；

调整后，放置 24h 再复查床身导轨精度，如变化大应重新调整，如变化不大则进行一次精调，这样反复调整，使机床导轨精度保持稳定。机床运行一年后，床身精度需再进行调整。

(2) 静压导轨的调试 静压导轨是由许多油腔组成，系超静定系统，因此，静压导轨要经过认真的调试才能得到良好的效果。

1) 静压系统的调试 静压导轨的调整首先要建立纯液体摩擦，使导轨能够浮起来。从机床的液压系统引入压力油后，当达到 $\sum p_i \times A \times C_p = W$ （式中：W 为负载，单位 N； p_i 为受负载后油腔的压力，单位 Pa；A 为一个油腔的面积，单位 M^2 ； C_p 为承载面积系数）时，工作台的台面开始上浮。此时可在工作台的四个角安装百分表，调整节流阀，并利用百分表来控制导轨各角端的浮起量相等。

对于开式静压导轨，如果压力升到一定值后工作台仍不浮起，应检查节流器是否堵塞，以及由节流器到各油腔的管道是否有死弯及堵塞现象，或各油腔是否有大量漏油现象。对于闭式静压导轨还要注意到由于主、副导轨各油腔差别很大，有的要上抬，有的要下拉而使工作台产生憋劲现象，这种现象随压力升高会变得严重。在初步调试时要观察各油腔的回油情况，寻找出工作不正常的地方。

静压导轨的调整，其次是调整油膜刚度。这是一个关键阶段，它决定静压导轨工作性能的好坏。导轨一般都较长，在全长范围内各段加工精度总有差异，而静压导轨又是多支点的超静定系统。因此对于每一个油腔都要仔细认真地进行调整。调整时应注意以下几点：

- a) 工作台各点的浮起量应相等，并控制好最佳原始浮起量 h （油膜厚度）；
- b) 各油腔均需建立起压力，并应使各油腔中的压力 p_i 与进油压力 p_s 之比接近于最佳值；
- c) 在工作台全部行程范围内，不得使有的油腔中的压力为零或等于进油压力 p_s 。

2) 液压系统的要求及注意事项 静压导轨在工作时各油腔必须连续不断地供给压力油，油液又不断地从各油腔向外溢出，再流加油箱以进行循环。因此，对液压系统除与一般液压系统的要求相同外，还应特别注意下列几点：

- a) 油液滤清 静压系统用的压力油在进入节流器前，一般都要经过二次过滤。过滤精

度为：中小型机床约为 $3\sim 10\mu\text{m}$ ，重型机床为 $10\sim 20\mu\text{m}$ 。油液中如果夹有脏物、灰尘及其他屑沫等微粒时，对静压导轨的调整带来很大困难；对静压导轨工作时会产生油膜自行减薄和时浮时落的波动现象，影响导轨工作精度。滤油器要定期检查，清洗。

b) 节流器的结构和安装 节流器的结构和安装应考虑调整和检修方便，特别是要注意排出液压系统中的空气（要有排气结构）。要避免油管从节流器引出来长度过长和弯曲过多。

c) 油管、阀等油压系统的元件、辅件要进行特别严格的清洗。

d) 检查回油是否畅通，防尘防护是否可靠，机床液压系统中的互锁装置是否正常等。

思 考 题

1. 机床维修拆卸前应做好哪些主要准备工作？
2. 举例说明数控机床主轴部件装配调整时应注意的主要问题。
3. 自动换刀数控机床主轴为什么要设计准停装置？如何调整？
4. 主轴轴承间隙对零件加工有何影响？如何调整？
5. 进给传动系统减速齿轮间隙的调整方法有哪几种？各有何特点？
6. 滚珠丝杠螺母副轴向间隙调整方式有几种？怎样调整？
7. 滚珠丝杠螺母副为什么要预紧？为什么要规定预紧力的大小？
8. 以 510 加工中心回转工作台为例，说明工作台回转间隙的检查、调整和消除办法。
9. 简述自动换刀装置的安装与调整的主要过程。
10. 简述 LB326 型增量式直线编码器安装步骤与要求。
11. 数控机床导轨主要有哪几种类型？安装调试时各有何要求？

技 能 训 练

1. 选一数控机床主轴部件进行拆、装及调整训练。
2. 选一周向弹簧式圆柱齿轮副进行消除啮合齿侧间隙训练。
3. 选一合适的数控机床回转工作台，按其具体结构及说明书上的要求与方法，调整其回转间隙。
4. 选一加工中心，试编排其自动换刀装置的安装程序。
5. 选一闭环控制系统的数控机床进行位置检测器安装，并作定位精度测量及定位误差分析训练。
6. 选一滚动导轨进行拆卸组装训练。

第三章 数控机床的维修管理及维护

数控机床和传统机床相比,虽然在结构和控制上有根本区别,但维修管理及维护内容,在许多方面与传统机床仍是共同的。如必须坚持设备使用上的定人、定机、定岗制度;开展岗位培训,严禁无证操作;严格执行设备点检和定期、定级保养制度;对维修者实行派工卡,认真做好故障现象、原因和维修的记录,建立完整的维修档案;建立维修协作网,开展专家诊断系统工作等。本章只介绍数控机床与传统机床在不同方面的维修管理及维护内容。

第一节 数控机床的维修管理

一、维修管理内容

数控机床都应建立安全操作规程、维护保养规程、维修规程,这些规程可在传统机床相应规程的基础上,增加数控机床的特点要求来制定。

与传统机床相比,数控机床的维修管理应强调以下内容:

1. 选择合理的维修方式

设备维修方式可以分为事后维修、预防维修、改善维修、预知维修或状态监测维修、维修预防(无维修设计)等,选择最佳的维修方式,是要用最少的费用取得最好的修理效果。如果从修理费用、停产损失、维修组织工作和修理效果等方面去衡量,每一种维修方式都有它的优点和缺点。

现代数控机床除了实现刀具自动交换、工件自动交换和自动测量补偿,还具有自动监测、自动诊断的功能。对数控机床的维修,可以选择预知维修或状态监测维修的方式。这是一种以设备状态为基础的预防维修,在设计上广泛采用监测系统,在维修上采用高级诊断技术,根据状态监视和诊断技术提供的信息,判断设备的异常,预知设备故障,在故障发生前进行适当维修。这种维修方式由于维修时机掌握得及时,设备零件的寿命可以得到充分利用,避免过修和欠修,是一种最合理的维修方式,适用于数控机床这样的重点、关键设备。

2. 建立专业维修组织和维修协作网

数控机床是机电一体化高技术产品,单一技术的设备修理人员难以胜任数控机床的修理工作。数控机床一旦出现故障,一些企业往往请外国专家上门诊断修理,不但加重了企业负担,还延误了生产。因此,有一定数量数控机床的企业应建立专业化的维修机构,如数控设备维修站或维修中心。中心由具有机电一体化知识及较高素质的人员负责,维修人员应由电气工程师、机械工程师、机修钳工等组成。企业领导应保护维修人员的积极性,提供业务培训的便利条件,保持维修人员队伍的稳定。为了更好地开展工作,对维修站、维修中心要配备必须的技术手册、工具器具及测试仪器,如示波器、逻辑分析仪、在线测试仪、噪声及振动监测仪等以提高动态监测及诊断技术。

目前,国内数控机床千差万别,它们的硬件、软件配置不尽相同,数控系统几乎包括了世界上所有类型,这就给维修带来很大的困难。建立维修协作网,特别是尽量与使用同类数

控机床的单位建立友好联系,在资料的收集、备件的调剂、维修经验的交流,人员的相互支援上互通有无,取长补短、大力协作,对数控机床的使用和维修能起到很好的推动作用。

3. 备件国产化

进口数控机床由于维修服务及备件供应不及时而影响生产时有发生。向国外购买备件,价格十分昂贵,购销渠道也不畅通。因此除建立一些备件服务中心外,应抓紧备件国产化工作。要总结备件国产化的工作经验,实现备件替代的标准化,积极测绘仿制关键备件,组织协作攻关。

二、点检管理

由于数控机床集机、电、液、气等技术为一体,所以对它的维护要有科学的管理,有目的地制定出相应的规章制度。对维护过程中发现的故障隐患应及时清除,避免停机待修,从而延长设备平均无故障时间,增加机床的利用率。开展点检是数控机床维护的有效办法。

以点检为基础的设备维修,是日本在引进美国的预防维修制的基础上发展起来的一种点检管理制度。点检就是按有关维护文件的规定,对设备进行定点、定时的检查和维护。其优点是能把出现的故障和性能的劣化消灭在萌芽状态,防止过修或欠修,缺点是定期点检工作量大。这种在设备运行阶段以点检为核心的现代维修管理体系,能达到降低故障率和维修费用,提高维修效率的目的。我国自20世纪80年代初引进日本的设备点检定修制,把设备操作者、维修人员和技术管理人员有机地组织起来,按照规定的检查标准和技术要求,对设备可能出现问题的部位,定人、定点、定量、定期、定法地进行检查、维修和管理,保证了设备持续、稳定地运行,促进了生产发展和经营效益的提高。

数控机床的点检,是开展状态监测和故障诊断工作的基础,主要包括下列内容:

(1) 定点 首先要确定一台数控机床有多少个维护点,科学地分析这台设备,找准可能发生故障的部位。只要把这些维护点“看住”,有了故障就会及时发现。

(2) 定标 对每个维护点要逐个制订标准,例如间隙、温度、压力、流量、松紧度等等,都要有明确的数量标准,只要不超过规定标准就不算故障。

(3) 定期 多长时间检查一次,要定出检查周期。有的点可能每班要检查几次,有的点可能一个或几个月检查一次,要根据具体情况确定。

(4) 定项 每个维护点检查哪些项目也要有明确规定。每个点可能检查一项,也可能检查几项。

(5) 定人 由谁进行检查,是操作者、维修人员还是技术人员,应根据检查的部位和技术精度要求,落实到人。

(6) 定法 怎样检查也要有规定,是人工观察还是用仪器测量,是采用普通仪器还是精密仪器。

(7) 检查 检查的环境、步骤要有规定,是在生产运行中检查,还是停机检查;是解体检查,还是不解体检查。

(8) 记录 检查要详细做记录,并按规定格式填写清楚。要填写检查数据及其与规定标准的差值、判定印象、处理意见,检查者要签名并注明检查时间。

(9) 处理 检查中能处理和调整的要及时处理和调整,并将处理结果记入处理记录。没有能力或没有条件处理的,要及时报告有关人员,安排处理。但任何人、任何时间处理都要填写处理记录。

(10) 分析 检查记录和处理记录都要定期进行系统分析, 找出薄弱“维护点”, 即故障率高的点或损失大的环节, 提出意见, 交设计人员进行改进设计。

数控机床的点检可分为日常点检和专职点检二个层次。日常点检负责对机床的一般部件进行点检, 处理和检查机床在运行过程中出现的故障, 由机床操作人员进行。专职点检负责对机床的关键部位和重要部件按周期进行重点点检和设备状态监测与故障诊断, 制定点检计划, 做好诊断记录, 分析维修结果, 提出改善设备维护管理的建议, 由专职维修人员进行。数控机床的点检作为一项工作制度, 必须认真执行并持之以恒, 才能保证机床的正常运行。

为便于操作, 数控机床的点检内容可以列成简明扼要的表格 (表 3-1), 也可用图来表示 (图 3-1)。

表 3-1 某加工中心的维护点检表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑油箱	检查油标、油量, 及时添加润滑油, 润滑油泵能定时启动及停止
2	每天	X、Y、Z 轴向导轨面	清除切屑及脏物, 检查润滑油是否充分, 导轨面有无划伤损坏
3	每天	压缩空气气源压力	检查气动控制系统压力是否在正常范围
4	每天	气源自动分水滤水器和自动空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水份, 保证自动空气干燥器工作正常
5	每天	气液转换器和增压器油面	发现油面不够时及时补充油
6	每天	主轴润滑恒温油箱	工作正常, 油量充足并调节温度范围
7	每天	机床液压系统	油箱、液压泵无异常噪音, 压力表指示正常, 管路及各接头无泄漏, 工作油面高度正常
8	每天	液压平衡系统	平衡压力指示正常, 快速移动时平衡阀工作正常
9	每天	CNC 的输入/输出单元	如光电阅读机清洁, 机械结构润滑良好
10	每天	各种电气柜散热通风装置	各电柜冷却风扇工作正常, 风道过滤网无堵塞
11	每天	各种防护装置	导轨、机床防护罩等应无松动、泄漏
12	每半年	滚珠丝杠	清洗丝杠上旧的润滑脂, 涂上新的油脂
13	每半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器及油箱箱底, 更换或过滤液压油
14	每半年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器, 更换润滑脂
15	每年	检查并更换直流伺服电动机碳刷	检查换向器表面, 吹净碳粉, 去除毛刺, 更换长度过短的电刷, 并应跑合后才能使用
16	每年	润滑液压泵、滤油器清洗	清理润滑油池底, 更换滤油器
17	不定期	检查各轴轨道上镶条、压紧滚轮松紧状态	按机床说明书调整
18	不定期	冷却水箱	检查液面高度, 切削液太脏时须更换并清理水箱底部, 经常清洗过滤器
19	不定期	排屑器	经常清理切屑, 检查有无卡住
20	不定期	清理废油池	及时取走滤油池中废油, 以免外溢
21	不定期	调整主轴驱动带松紧	按机床说明书调整

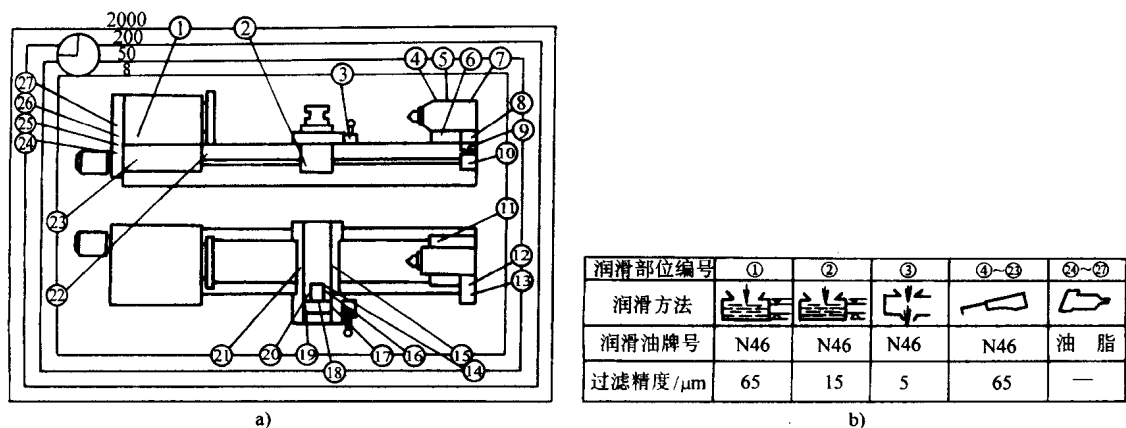


图 3-1 数控车床润滑示意图

a) 润滑部位及间隔时间 b) 润滑方法及材料

说明：图 3-1a 中，编号①~⑦为该车床须润滑的部位，左上角数据 8、50、200 及 2000 为润滑间隔时间（h），图 3-1b 为每个润滑部位的润滑方法和材料。

第二节 数控机床的维护

数控机床都是企业的重点、关键设备，要发挥数控机床的高效益，只有正确的操作和精心的维护，才能确保它的开动率。正确的操作使用能防止机床非正常磨损，避免突发故障；精心的维护可使机床保持良好的技术状态，延缓劣化进程，及时发现和消灭故障隐患于未然，从而保障安全运行。因此，数控机床的正确使用与精心维护，是贯彻预防为主和设备维修管理方针的重要环节。

一、数控机床使用中应注意的问题

数控机床生产效率高，零件加工精度好，产品质量稳定，还可以完成很多普通机床难以完成或根本不能加工的复杂型面的零件加工。但是，数控机床整个加工过程是由大量电子元件组成的数控系统按照数字化的程序完成的，在加工中途由于数控系统或执行部件的故障造成的工件报废或安全事故，一般情况，操作者是无能为力的。所以，对于数控机床工作的稳定性、可靠性的要求最为重要。为此，以下一些问题在使用数控机床时应予以注意。

(1) 数控机床的使用环境 一般来说，数控机床的使用环境没有什么特殊的要求，可以同普通机床一样放在生产车间里，但是，要避免阳光的直接照射和其他热辐射，要避免太潮湿或粉尘过多的场所，特别要避免有腐蚀气体的场所。腐蚀性气体最容易使电子元件受到腐蚀变质，或造成接触不良，或造成元件间短路，影响机床的正常运行。要远离振动大的设备，如冲床、锻压设备等。对于高精密的数控机床，还应采取防振措施（如防振沟等）。

由于电子元件的技术性能受温度影响较大，当温度过高或过低时，会使电子器件的技术性能发生较大变化，使工作不稳定或不可靠而增加故障的发生，特别是我国南方和北方温度差异大，因此，对于精度高、价格昂贵的数控机床使其置于有空调的环境中使用是比较理想的。

(2) 电源要求 数控机床对电源也没有什么特殊要求，一般都允许波动 $\pm 10\%$ ，但是由于我国供电的具体情况，不仅电源波动幅度大（有时远远超过 10% ），而且质量差，交流电

源上往往叠加有一些高频杂波信号,用示波器可以清楚地观察到,有时还出现幅度很大的瞬间干扰信号,破坏数控系统的程序或参数,影响机床的正常运行。数控机床采取专线供电(从低压配电室就分一路单独供数控机床使用)或增设稳压装置,都可以减少供电质量的影响和减少电气干扰。

(3) 数控机床应有操作规程 操作规程是保证数控机床安全运行的重要措施之一,操作者一定要按操作规程操作。机床发生故障,操作者要注意保留现场,并向维修人员如实说明出现故障前后的情况,以利于分析、诊断出故障的原因,及时排除故障,减少停机时间。

(4) 数控机床不宜长期封存不用 购买数控机床以后要充分利用,尽量提高机床的利用率,尤其是投入使用的第一年,更要充分利用,使其容易出故障的薄弱环节尽早暴露出来,故障的隐患尽可能在保修期内得以排除。有了数控机床舍不得用,这不是对设备的爱护,反而会由于受潮等原因加快电子元器件的变质或损坏。如果工厂没生产任务,数控机床较长时间不用时,也要定期通电,不能长期封存起来,最好是每周能通电1~2次,每次空运行1小时左右,以利用机床本身的发热量来降低机内的湿度,使电子元器件不致受潮,同时也能及时发现有无电池报警发生,以防止系统软件、参数的丢失。

二、数控系统的维护

数控系统经过一段较长时间的使用,某些元器件性能总要老化甚至损坏,有些机械部件,如纸带阅读机更是如此。为了尽量延长元器件的寿命和零部件的磨损周期,防止各种故障,特别是恶性事故的发生,就必须对数控系统进行日常的维护工作。具体的日常维护保养要求,在数控系统的使用、维修说明书中都有明确的规定。概括起来,要注意以下几个方面。

1. 严格遵守操作规程和日常维护制度

数控系统编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训,熟悉所用数控机床的数控系统的使用环境、条件等,能按机床和系统使用说明书的要求正确、合理地使用,应尽量避免因操作不当引起的故障。通常,首次采用数控机床或由不熟练工人来操作,在使用的第一年内,有三分之一以上的系统故障是由于操作不当引起的。同时,根据操作规程的要求,针对数控系统各种部件的特点,确定各自保养条例。如明文规定哪些地方需要天天清理(如数控系统的输入/输出单元——光电阅读机清洁,检查机械结构部分是否润滑良好等),哪些部件要定期检查或更换。

2. 应尽量少开数控柜和强电柜的门

因为在机加工车间的空气中一般都含有油雾、灰尘甚至金属粉末,一旦它们落在数控系统内的电路板或电子器件上,容易引起元器件间绝缘电阻下降,甚至导致元器件及电路板的损坏。有的用户在夏天为了使数控系统能超负荷长期工作,采取打开数控柜的门来散热,这是一种极不可取的方法,其最终将导致数控系统的加速损坏。正确的方法是降低数控系统的外部环境温度。因此,应该有一种严格的规定,除非进行必要的调整和维修,否则不允许随意开启柜门,更不允许在使用时敞开柜门。

一些已受外部尘埃、油雾污染的电路板和接插件,可采用专用电子清洁剂喷洗。在清洁接插件时可对插孔喷射足够的液雾后,将原插头或插脚插入,再拔出,即可将脏物带出,可反复进行,直至内部清洁为止。接插部件插好后,多余的喷液会自然滴出,将其擦干即可,经过一段时间之后,自然干燥的喷液会在非接触表面形成绝缘层,使其绝缘良好。在清洗受

污染的电路板时,可用清洁剂对电路板进行喷洗,喷完后,将电路板竖放,使尘污随多余的液体一起流出,待晾干之后即可使用。

3. 定时清扫数控柜的散热通风系统

应每天检查数控柜上的各个冷却风扇工作是否正常。视工作环境的状况,每半年或每季度检查一次风道过滤器是否有堵塞现象。如果过滤网上灰尘积聚过多,需及时清理,否则将会引起数控柜内温度过高(一般不允许超过 55°C),造成过热报警或数控系统工作不可靠。

清扫的具体方法如下:①拧下螺钉,拆下空气过滤器;②在轻轻振动过滤器的同时,用压缩空气由里向外吹掉空气过滤器内的灰尘;③过滤器太脏时,可用中性清洁剂(清洁剂和水的配方为 5/95)冲洗(但不可揉擦),然后置于阴凉处晾干即可。

由于环境温度过高,造成数控柜内温度超过 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时,应及时加装空调装置。安装空调后,数控系统的可靠性有明显的提高。

4. 数控系统的输入/输出装置的定期维护

目前使用的 20 世纪 80 年代的产品,绝大部分都带有光电式纸带阅读机,如果读带部分被污染,将导致读入信息出错,为此,应做到以下几点:①每天必须对光电阅读机的表面(包括发光体和受光体),纸带压板以及纸带通道用蘸有酒精的纱布进行擦拭;②每周定时擦拭纸带阅读机的主动轮滚轴、压紧滚轴以及导向滚轴等运动部件;③每半年对导向滚轴、张紧臂滚轴等加注润滑油一次;④一旦使用纸带阅读机完毕,就应将装有纸带的阅读机的小门关上,防止尘土落入。

5. 定期检查和更换直流电动机电刷

虽然在现代数控机床上有用交流伺服电动机和交流主轴电动机取代直流伺服电动机和直流主轴电动机的倾向,但 20 世纪 80 年代生产的数控机床,大都使用直流伺服系统。直流电动机电刷的过度磨损将会影响电动机的性能,甚至造成电动机损坏。为此,应对电动机电刷进行定期检查和更换。数控车床、数控铣床、加工中心等,应每年检查一次,频繁加速机床(如冲床等),应每两个月检查一次。检查步骤如下:①要在数控系统处于断电状态,且电动机已经完全冷却的情况下进行检查;②取下橡胶刷帽,用螺丝刀拧下刷盖取出电刷;③测量电刷长度,如磨损到原长的一半左右时必须更换同型号的新电刷;④仔细检查电刷的弧形接触面是否有深沟或裂缝,以及电刷弹簧上有无打火痕迹,如有上述现象必须用新电刷交换,并在一个月后再次检查。如还发生上述现象,则应考虑电动机的工作条件是否过分恶劣或电动机本身是否有问题;⑤用不含金属粉末、不含水份的压缩空气导入电刷孔,吹净粘在孔壁上的电刷粉末。如果难以吹净,可用螺丝刀尖轻轻清理,直至孔壁全部干净为止。但要注意不要碰到换向器表面;⑥重新装上电刷,拧紧刷盖。如果更换了电刷,要使电动机空运行跑合一段时间,以使电刷表面与换向器表面吻合良好。

6. 经常监视数控系统的电网电压

通常,数控系统允许的电网电压波动范围在额定值的 $+10\% \sim -15\%$,如果超出此范围,轻则使数控系统不能稳定工作,重则会造成重要电子部件损坏。因此,要经常注意电网电压的波动。对于电网质量比较恶劣的地区,应及时配置数控系统用的交流稳压装置,这将使故障率有比较明显的降低。

7. 定期更换存储器用电池

存储器如采用 CMOS RAM 器件,为了在数控系统不通电期间能保持存储的内容,内部

设有可充电电池维持电路。在正常电源供电时,由+5V电源经一个二极管向CMOS RAM供电,并对可充电电池进行充电。当数控系统切断电源时,则改为由电池供电来维持CMOS RAM内的信息。在一般情况下,即使电池尚未失效,也应每年更换一次电池,以便确保系统能正常地工作。另外,一定要注意的是,电池的更换应在数控系统供电状态下进行,这样才不会造成存储参数丢失。一旦参数丢失,在调换新电池后,可将参数重新输入。

8. 数控系统长期不用时的维护

为提高数控系统的利用率和减少数控系统的故障,数控机床应满负荷使用,而不要长期闲置不用。由于某种原因,造成数控系统长期闲置不用时,为了避免数控系统损坏,需注意以下二点:①要经常给数控系统通电,特别是在环境湿度较大的梅雨季节更应如此。在机床锁住不动(即伺服电动机不转)的情况下,让数控系统空运行,利用电器元件本身的发热来驱散数控系统内的潮气,保证电子器件性能稳定可靠。实践证明,在空气湿度较大的地区,经常通电是降低故障率的一个有效措施;②如果数控机床的进给轴和主轴采用直流电动机来驱动时,应将电刷从直流电动机中取出,以免由于化学腐蚀作用,使换向器表面腐蚀,造成换向性能变坏,甚至使整台电动机损坏。

9. 备用电路板的维护

印制电路板长期不用容易出故障,因此对所购的备用板应定期装到数控系统中通电运行一段时间,以防损坏。

10. 做好维修前的准备工作

为了能及时排除故障,应在平时做好维修前的充分准备,主要有三个方面:

(1) 技术准备 维修人员应在平时充分了解系统的性能。为此,应熟读有关系统的操作说明书和维修说明书,掌握了解数控系统的框图、结构布置以及电路板上可供检测的测试点上正常的电平值或波形。维修人员应妥善保存好数控系统现场调试之后的系统参数文件和PLC参数文件,它们可以是参数表或参数纸带。另外,随机提供的PLC用户程序、报警文件、用户宏程序参数和刀具文件参数以及典型的零件程序、数控系统功能测试纸带等都与机床的性能和使用有关,都应妥善保存。如有可能,维修人员还应备有系统所用的各种元器件手册(如IC手册等),以备随时查阅。

(2) 工具准备 作为最终用户,维修工具只需准备一些常用的仪器设备即可,如交流电压表、直流电压表,其测量误差在 $\pm 2\%$ 范围内即可。万用表应准备一块机械式的,可用它测量晶体管,各种规格的螺丝刀也是必备的。如有纸带阅读机,则还应准备清洁纸带阅读机用的清洁液和润滑油等化学用品。如有条件,最好还具备一台带存储功能的双线示波器和逻辑分析仪,这样在查找故障时,可使故障范围缩小到某个器件、零件。无论使用何种工具,在进行维修时,都应确认系统是否通电,不要因仪器测头造成元器件短路而引起系统的更大故障。

(3) 备件准备 为了能及时排除故障,用户应准备一些常用的备件,如各种熔丝、晶体管模块以及直流电动机用电刷。至于备用电路板,则视用户经济条件而定,一般来说,可不必准备,一是花钱多,二是长期不用,反而更易损坏。

三、机械部件的维护

数控机床的机械结构较传统机床的机械结构简单,但机械部件和精度提高了,对维护提出了更高要求。同时,由于数控机床还有刀库及换刀机械手,液压和气动系统等,使得机械

部件维护的面更广，工作量更大。数控机床机械部件维护与传统机床不同的内容有：

1. 主传动链的维护

1) 熟悉数控机床主传动链的结构、性能和主轴调整方法，严禁超性能使用。出现不正常现象时，应立即停机排除故障；

2) 使用带传动的主轴系统，需定期调整主轴驱动带的松紧程度，防止因带打滑造成的丢转现象；

3) 注意观察主轴箱温度，检查主轴润滑恒温油箱，调节温度范围，防止各种杂质进入油箱，及时补充油量。每年更换一次润滑油，并清洗过滤器；

4) 经常检查压缩空气气压，调整到标准要求值，足够的气压才能使主轴锥孔中的切屑和灰尘清理干净，保持主轴与刀柄连接部位的清洁。主轴中刀具夹紧装置长时间使用后，会产生间隙，影响刀具的夹紧，需及时调整液压缸活塞的位移量；

5) 对采用液压系统平衡主轴箱重量的结构，需定期观察液压系统的压力，油压低于要求值时，要及时调整。

2. 滚珠丝杠螺母副的维护

1) 定期检查、调整丝杠螺母副的轴向间隙，保证反向传动精度和轴向刚度；

2) 定期检查丝杠支承与床身的连接是否有松动以及支承轴承是否损坏。如有以上问题，要及时紧固松动部位，更换支承轴承；

3) 采用润滑脂润滑的滚珠丝杠，每半年一次清洗丝杠上的旧润滑脂，换上新的润滑脂。用润滑油润滑的滚珠丝杠，每次机床工作前加油一次；

4) 注意避免硬质灰尘或切屑进入丝杠防护罩和工作中碰击防护罩，防护装置一有损坏要及时更换。

3. 刀库及换刀机械手的维护

1) 用手动方式往刀库上装刀时，要确保装到位，装牢靠，检查刀座上的锁紧是否可靠；

2) 严禁把超重、超长的刀具装入刀库，防止在机械手换刀时掉刀或刀具与工件、夹具等发生碰撞；

3) 采用顺序选刀方式须注意刀具放置在刀库上的顺序是否正确。其他选刀方式也要注意所换刀具号是否与所需刀具一致，防止换错刀具导致事故发生；

4) 注意保持刀具刀柄和刀套的清洁；

5) 经常检查刀库的回零位置是否正确，检查机床主轴回换刀点位置是否到位，并及时调整，否则不能完成换刀动作；

6) 开机时，应先使刀库和机械手空运行，检查各部分工作是否正常，特别是各行程开关和电磁阀能否正常动作。检查机械手液压系统的压力是否正常，刀具在机械手上锁紧是否可靠，发现不正常及时处理。

4. 液压系统维护

1) 定期对油箱内的油液进行取样化验，检查油液质量，定期过滤或更换油液；

2) 定期检查冷却器和加热器的工作性能，控制液压系统中油液的温度在标准要求内；

3) 定期检查更换密封件，防止液压系统泄漏；

4) 定期检查清洗或更换液压件、滤芯，定期检查清洗油箱和管路；

5) 严格执行日常点检制度，检查系统的泄漏、噪声、振动、压力、温度等是否正常，

将故障排除在萌芽状态。

5. 气动系统维护

- 1) 选用合适的过滤器, 清除压缩空气中的杂质和水分;
- 2) 注意检查系统中油雾器的供油量, 保证空气中含有适量的润滑油来润滑气动元件, 防止生锈、磨损造成空气泄露和元件动作失灵;
- 3) 定期检查更换密封件, 保持系统的密封性;
- 4) 注意调节工作压力, 保证气动装置具有合适的工作压力和运动速度;
- 5) 定期检查、清洗或更换气动元件、滤芯。

四、机床精度的维护检查

机床精度是保证机床性能的基础, 加强机床精度的保养, 定期进行精度检查是机床使用、维护工作中一项重要内容。

机床精度的维护, 要做到严格执行机床的操作规程和维护规程, 严禁超性能使用。精度检查的具体方法, 可按第一章中机床精度验收的内容进行。

值得注意的是, 对机床精度进行检查时, 不仅需要注意单项精度, 而且需要注意各项精度的相互关系。任何一项精度超过允许值, 都需要调整。遇到如下情况时, 必须进行机床的精度检验: ①由于操作失误或机床故障造成撞车后; ②机床移动、状态发生变化后。当机床进行动态精度检查时, 加工时工件尺寸变动可能是机床热变形和切削液温度的升高造成的。机床热变形主要是滚珠丝杠的热变形和主轴的热变形引起, 这些变形随着机床运转时间和运转状况而变化, 必须对这些变形进行适时补偿。切削液的温度影响也很重要, 因为切削液直接与工件接触, 因此也必须对切削液温度进行管理, 这样才能正确反映机床的动态精度。当发现机床失掉原有精度, 必须尽快修复并恢复精度。

思 考 题

1. 数控机床适宜采用何种维修方式? 为什么?
2. 设备点检的目的是什么? 简述数控机床点检工作的主要内容。
3. 数控机床使用中应注意哪些问题?
4. 简述数控系统日常维护要点。
5. 主传动链维护有哪些内容?
6. 刀库及换刀机械手维护有哪些要求?

技 能 训 练

1. 参照加工中心的维护点检表, 结合某种数控机床的特点, 制定出该种数控机床的维护点检表。
2. 按照数控机床机械部件维护要求, 对数控机床各机械部件进行维护实训。

第四章 数控机床机械故障诊断

与普通机床相比,数控机床增加了功能,提高了效能,简化了某些传统的结构。但是由于功能和性能的增加和提高,数控机床的机械结构也发生了重大变化,发展了不少不同于普通机床的、完全新颖的机械结构和部件,如适合于高速度、高精度、重切削的主轴部件;滚珠丝杠部件;刀库及换刀装置;液压与气动系统等。数控机床是机电一体化设备,机械部分的故障和数控系统的故障有内在联系,熟悉机械故障的诊断及排除方法和手段,对数控机床的维修是很有帮助的。

第一节 机械故障诊断方法

机床在运行过程中,机械零部件受到冲击、磨损、高温、腐蚀等多种工作应力的作用,运行状态不断变化,一旦发生故障,往往会导致不良后果。因此,必须在机床运行过程中或不拆卸全部设备的情况下,对机床的运行状态进行定量测定,判断机床的异常及故障的部位和原因,并预测机床未来的状态,从而大大提高机床运行的可靠性,进一步提高机床的利用率。

数控机床机械故障诊断包括对机床运行状态的监视、识别和预测三个方面的内容。通过对数控机床机械装置的某些特征参数,如振动、温度、噪声、油液光谱等进行测定分析,将测定值与规定正常值进行比较,以判断机械装置的工作状态是否正常。现代数控机床大都利用监视技术进行定期或连续监测,可获得机械装置状态变化的趋势性规律,对机械装置的运行状态进行预测和预报。

一、诊断技术

诊断技术的全称应该是设备状态监测与故障诊断技术。诊断技术具体内容包括三个基本环节和四项基本技术。

三个基本环节是检查异常、诊断故障状态和部位、分析故障类型。

四项基本技术是检查测量技术、信号处理技术、识别技术和预测技术。检查测量技术是准确地确定和测量各种参数以检查设备的运行状态,反映设备的实际状况。信号处理技术是从现在测得的信号中,经过各种变换,把真正反映设备状况征兆的信息提取出来。识别技术是在掌握了观测到的征兆数据后,预测其故障即了解结果并找出原因的技术。预测技术是对识别出来的故障进行预测,预测该故障今后将会怎样发展以及什么时候会进入危险范围。

数控机床机械故障的诊断技术,分为简易诊断技术和精密诊断技术。

(1) 简易诊断技术 也称为机械检测技术。它由现场维修人员使用一般的检查工具或通过感觉器官的问、看、听、摸、嗅等对机床进行故障诊断。简易诊断技术能快速测定故障部位,监测劣化趋势,选择有疑难问题的故障进行精密诊断。

(2) 精密诊断技术 它是根据简易诊断中提出的疑难故障,由专职故障精密诊断人员利用先进测试手段进行精确的定量检测与分析,找出故障位置、原因和数据,以确定应采取的

最合适的修理方法和时间的技术。

一般情况都采用简易诊断技术来诊断机床的现时状态，只有对那些在简易诊断中提出疑难问题的机床才进行精密诊断，这样使用两种诊断技术才最经济有效。

二、诊断方法

数控机床机械故障的诊断方法见表 4-1。

表 4-1 数控机床机械故障的诊断方法

类型	诊断方法	原理及特征	应 用
简易 诊断 技术	听、摸 看、问、嗅	借用简单工具、仪器，如百分表、水准仪、光学仪等检测。通过人的感官，直接观察形貌、声音、温度、颜色和气味的变化，根据经验来诊断	需要有丰富的实践经验， 目前，被广泛采用于现场诊断
精密 诊断 技术	温度监测	接触型：采用温度计、热电偶、测温贴片、热敏涂料直接接触轴承、电动机、齿轮箱等装置的表面进行测量 非接触型：采用先进的红外测温仪、红外热像仪、红外扫描仪等遥测不宜接近的物体 具有快速、正确、方便的特点	用于机床运行中发热异常 的检测
	振动监测	通过安装在机床某些特征点上的传感器，利用振动计巡回检测，测量机床上特定测量处的总振级大小，如位移、速度、加速度和幅频特性等，对故障进行预测和监测	振动和噪声是应用最多的 诊断信息。首先是强度测定， 确认有异常时，再做定量分析
	噪声监测	用噪声测量计、声波计对机床齿轮、轴承在运行中的噪声信号频谱中的变化规律进行深入分析，识别和判别齿轮、轴承磨损失效故障状态	
	油液分析	通过原子吸收光谱仪，对进入润滑油或液压油中磨损的各种金属微粒和外来杂质等残余物形状、大小、成分、浓度的分析，判断磨损状态、机理和严重程度，有效掌握零件磨损情况	用于监测零件磨损
	裂纹监测	通过磁性探伤法、超声波法、电阻法、声发射法等观察零件内部机体的裂纹缺陷	疲劳裂缝可导致重大事故， 测量不同性质材料的裂纹应 采用不同的方法

由于这些诊断方法与其他机械设备的诊断方法有共同之处，各种诊断方法的原理、特征及应用在其他相关教材中都有专门的论述，本教材不作进一步介绍。

第二节 主要机械部件故障诊断

一、主轴部件

数控机床主轴部件是影响机床加工精度的主要部件，它的回转精度影响工件的加工精度；它的功率大小与回转速度影响加工效率；它的自动变速、准停和换刀等影响机床的自动化程度。

主轴部件出现的故障有主轴运转时发出异常声音、自动调速装置故障、主轴快速运转的精度保持性故障等。表 4-2 为主轴部件常见的故障及其诊断方法。

表 4-2 主轴部件故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	加工精度达不到要求	机床在运输过程中受到冲击	检查对机床精度有影响的各部位,特别是导轨副,并按出厂精度要求重新调整或修复
		安装不牢固、安装精度低或有变化	重新安装调平、紧固
2	切削振动大	主轴箱和床身连接螺钉松动	恢复精度后紧固连接螺钉
		轴承预紧力不够、游隙过大	重新调整轴承游隙。但预紧力不宜过大,以免损坏轴承
		轴承预紧螺母松动,使主轴窜动	紧固螺母,确保主轴精度合格
		轴承拉毛或损坏	更换轴承
		主轴与箱体超差	修理主轴或箱体,使其配合精度、位置精度达到要求
		其他因素	检查刀具或切削工艺问题
		如果是车床,则可能是转塔刀架运动部位松动或压力不够而未卡紧	调整修理
3	主轴箱噪声大	主轴部件动平衡不好	重做动平衡
		齿轮啮合间隙不均匀或严重损伤	调整间隙或更换齿轮
		轴承损坏或传动轴弯曲	修复或更换轴承,校直传动轴
		传动带长度不一或过松	调整或更换传动带,不能新旧混用
		齿轮精度差	更换齿轮
		润滑不良	调整润滑油量,保持主轴箱的清洁度
4	齿轮和轴承损坏	变挡压力过大,齿轮受冲击产生破损	按液压原理图,调整到适当的压力和流量
		变挡机构损坏或固定销脱落	修复或更换零件
		轴承预紧力过大或无润滑	重新调整预紧力,并使之润滑充足
5	主轴无变速	电器变挡信号是否输出	电器人员检查处理
		压力是否足够	检测并调整工作压力
		变挡液压缸研损或卡死	修去毛刺和研伤,清洗后重装
		变挡电磁阀卡死	检修并清洗电磁阀
		变挡液压缸拨叉脱落	修复或更换
		变挡液压缸窜油或内泄	更换密封圈
		变挡复合开关失灵	更换新开关
6	主轴不转动	主轴转动指令是否输出	电器人员检查处理
		保护开关没有压合或失灵	检修压合保护开关或更换
		卡盘未夹紧工件	调整或修理卡盘
		变挡复合开关损坏	更换复合开关
		变挡电磁阀体内泄漏	更换电磁阀

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
7	主轴发热	主轴轴承预紧力过大	调整预紧力
		轴承研伤或损坏	更换轴承
		润滑油脏或有杂质	清洗主轴箱, 更换新油
8	液压变速时齿轮推不到位	主轴箱内拨叉磨损	选用球墨铸铁作拨叉材料
			在每个垂直滑移齿轮下方安装塔簧作为辅助平衡装置, 减轻对拨叉的压力
			活塞的行程与滑移齿轮的定位相协调
			若拨叉磨损, 予以更换

二、滚珠丝杠副

滚珠丝杠副故障大部分是由运动质量下降、反向间隙过大、机械爬行、润滑状况不良、轴承噪声大等原因造成的。表 4-3 为滚珠丝杠副常见故障及其诊断方法。

表 4-3 滚珠丝杠副故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	加工件粗糙度值高	导轨的润滑油不足够, 致使溜板爬行	加润滑油, 排除润滑故障
		滚珠丝杠有局部拉毛或研损	更换或修理丝杠
		丝杠轴承损坏, 运动不平稳	更换损坏轴承
		伺服电动机未调整好, 增益过大	调整伺服电动机控制系统
2	反向误差大, 加工精度不稳定	丝杠联轴器锥套松动	重新紧固并用百分表反复测试
		丝杠轴滑板配合压板过紧或过松	重新调整或修研, 用 0.03mm 塞尺塞不入为合格
		丝杠轴滑板配合楔铁过紧或过松	重新调整或修研, 使接触率达 70% 以上, 用 0.03mm 塞尺塞不入为合格
		滚珠丝杠预紧力过紧或过松	调整预紧力, 检查轴向窜动值, 使其误差不大于 0.015mm
		滚珠丝杠螺母端面与结合面不垂直, 结合过松	修理、调整或加垫处理
		丝杠支座轴承预紧力过紧或过松	修理调整
		滚珠丝杠制造误差大或轴向窜动	用控制系统自动补偿功能消除间隙, 用仪器测量并调整丝杠窜动
		润滑油不足或没有	调节至各导轨面均有润滑油
		其他机械干涉	排除干涉部位
3	滚珠丝杠在运转中转矩过大	二滑板配合压板过紧或研损	重新调整或修研压板, 使 0.04mm 塞尺塞不入为合格
		滚珠丝杠螺母反向器损坏, 滚珠丝杠卡死或轴端螺母预紧力过大	修复或更换丝杠并精心调整
		丝杠研损	更换

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
3	滚珠丝杠在运转中转矩过大	伺服电动机与滚珠丝杠联接不同轴	调整同轴度并紧固连接座
		无润滑油	调整润滑油路
		超程开关失灵造成机械故障	检查故障并排除
		伺服电动机过热报警	检查故障并排除
4	丝杠螺母润滑不良	分油器是否分油	检查定量分油器
		油管是否堵塞	清除污物使油管畅通
5	滚珠丝杠副噪声	滚珠丝杠轴承压盖压合不良	调整压盖, 使其压紧轴承
		滚珠丝杠润滑不良	检查分油器和油路, 使润滑油充足
		滚珠产生破损	更换滚珠
		电动机与丝杠联轴器松动	拧紧联轴器锁紧螺钉

三、刀架、刀库及换刀装置

ATC 机构回转不停或没有回转、有夹紧或没有夹紧、没有切削液等; 换刀定位误差过大、机械手夹持刀柄不稳定、机械手运动误差过大等都会造成换刀动作卡住, 整机停止工作; 刀库中的刀套不能夹紧刀具、刀具从机械手中脱落、机械手无法从主轴和刀库中取出刀具; 这些都是刀库及换刀装置易产生的故障。考虑到数控车床的转塔刀架也有常见的一些故障, 故列在一起。表 4-4 为刀架、刀库及换刀装置常见故障及其诊断方法。

表 4-4 刀架、刀库及换刀装置故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	转塔刀架没有抬起动作	控制系统是否有 T 指令输出信号	如未能输出, 请电器人员排除
		抬起电磁铁断线或抬起阀杆卡死	修理或清除污物, 更换电磁阀
		压力不够	检查油箱并重新调整压力
		抬起液压缸研损或密封圈损坏	修复研损部分或更换密封圈
		与转塔抬起联接的机械部分研损	修复研损部分或更换零件
2	转塔转位速度缓慢或不转位	检查是否有转位信号输出	检查转位继电器是否吸合
		转位电磁阀断线或阀杆卡死	修理或更换
		压力不够	检查是否液压故障, 调整到额定压力
		转位速度节流阀是否卡死	清洗节流阀或更换
		液压泵研损卡死	检修或更换液压泵
		凸轮轴压盖过紧	调整调节螺钉
		抬起液压缸体与转塔平面产生摩擦、研损	松开联接盘进行转位试验; 取下联接盘配磨平面轴承下的调整垫并使相对间隙保持在 0.04mm
		安装附具不配套	重新调整附具安装, 减少转位冲击
4	转塔转位时碰牙	抬起速度或抬起延时时间短	调整抬起延时参数, 增加延时时间

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
5	转塔不正位	转位盘上的撞块与选位开关松动, 使转塔到位时传输信号超期或滞后	拆下护罩, 使转塔处于正位状态, 重新调整撞块与选位开关的位置并紧固
		上下联接盘与中心轴花键间隙过大产生位移偏差大, 落下时易碰牙顶, 引起不到位	重新调整联接盘与中心轴的位置; 间隙过大可更换零件
		转位凸轮与转位盘间隙大	塞尺测试滚轮与凸轮, 将凸轮调至中间位置; 转塔左右窜量保持在二齿中间, 确保落下时顺利咬合; 转塔抬起时用手摆动, 摆动量不超过二齿的 1/3
		凸轮在轴上窜动	调整并紧固固定转位凸轮的螺母
		转位凸轮轴的轴向预紧力过大或有机械干涉, 使转塔不到位	重新调整预紧力, 排除干涉
6	转塔转位不停	两计数开关不同时计数或复置开关损坏	调整两个撞块位置及两个计数开关的计数延时, 修复复置开关
		转塔上的 24V 电源断线	接好电源线
7	转塔刀重复定位精度差	液压夹紧力不足	检查压力并调到额定值
		上下牙盘受冲击, 定位松动	重新调整固定
		两牙盘间有污物或滚针脱落在牙盘中间	清除污物保持转塔清洁, 检修更换滚针
		转塔落下夹紧时有机械干涉 (如夹铁屑)	检查排除机械干涉
		夹紧液压缸拉毛或研损	检修拉毛研损部分更换密封圈
		转塔座落在二层滑板之上, 由于压板和楔铁配合不牢产生运动偏大	修理调整压板和楔铁, 0.04mm 塞尺塞不入
8	刀具不能夹紧	风泵气压不足	使风泵气压在额定范围
		增压漏气	关紧增压
		刀具卡紧液压缸漏油	更换密封装置, 卡紧液压缸不漏
		刀具松卡弹簧上的螺母松动	旋紧螺母
9	刀具夹紧后不能松开	松锁刀的弹簧压力过紧	调节松锁刀弹簧上的螺母, 使其最大载荷不超过额定数值
10	刀套不能夹紧刀具	检查刀套上的调节螺母	顺时针旋转刀套两端的调节螺母, 压紧弹簧, 顶紧卡紧销
11	刀具从机械手中脱落	刀具超重, 机械手卡紧销损坏	刀具不得超重, 更换机械手卡紧销
12	机械手换刀速度过快	气压太高或节流阀开口过大	保证气泵的压力和流量, 旋转节流阀至换刀速度合适
13	换刀时找不到刀	刀位编码用组合行程开关、接近开关等元件损坏、接触不好或灵敏度降低	更换损坏元件

四、液压传动系统

液压传动系统的主要驱动对象有液压卡盘、静压导轨、液压拨叉变速液压缸、主轴箱的液压平衡、液压驱动机械手和主轴的松刀液压缸等。液压系统的故障主要是流量、压力不足，油温过高、噪声、爬行等。表 4-5 为液压部分常见故障及其诊断方法。

表 4-5 液压部分故障诊断

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	液压泵不供油或流量不足	压力调节弹簧过松	将压力调节螺钉顺时针转动使弹簧压缩，启动液压泵，调整压力
		流量调节螺钉调节不当，定子偏心方向相反	按逆时针方向逐步转动流量调节螺钉
		液压泵转速太低，叶片不能甩出	将转速控制在最低转数以上
		液压泵转向相反	调转向
		油的粘度过高，使叶片运动不灵活	采用规定牌号的油
		油量不足，吸油管露出油面吸入空气	加油到规定位置，将滤油器埋入油下
		吸油管堵塞	清除堵塞物
		进油口漏气	修理或更换密封件
		叶片在转子槽内卡死	拆开油泵修理，清除毛刺、重新装配
2	液压泵有异常噪声或压力下降	油量不足，滤油器露出油面	加油到规定位置
		吸油管吸入空气	找出泄露部位，修理或更换零件
		回油管高出油面，空气进入油池	保证回油管埋入最低油面下一定深度
		进油口滤油器容量不足	更换滤油器，进油容量应是油泵最大排量的 2 倍以上
		滤油器局部堵塞	清洗滤油器
		液压泵转速过高或液压泵装反	按规定方向安装转子
		液压泵与电动机联接同轴度差	同轴度应在 0.05mm 内
		定子和叶片磨损，轴承和轴损坏	更换零件
		泵与其他机械共振	更换缓冲胶垫
3	液压泵发热、油温过高	液压泵工作压力超载	按额定压力工作
		吸油管和系统回油管距离太近	调整油管，使工作后的油不直接进入油泵
		油箱油量不足	按规定加油
		摩擦引起机械损失泄露引起容积损失	检查或更换零件及密封圈
		压力过高	油的粘度过大，按规定更换
4	系统及工作压力低，运动部件爬行	泄露	检查漏油部件，修理或更换
			检查是否有高压腔向低压腔的内泄
			将泄漏的管件、接头、阀体修理或更换
5	尾座顶不紧或不运动	压力不足	用压力表检查
		液压缸活塞拉毛或研损	更换或维修
		密封圈损坏	更换密封圈
		液压阀断线或卡死	清洗、更换阀体或重新接线
		套筒研损	修理研损部件
6	导轨润滑不良	分油器堵塞	更换损坏的定量分油器
		油管破裂或渗漏	修理或更换油管
		没有气体动力源	查气动柱塞泵有否堵塞，是否灵活
		油路堵塞	清除污物，使油路畅通
7	滚珠丝杠润滑不良	分油管是否分油	检查定量分油器
		油管是否堵塞	清除污物，使油路畅通

思 考 题

1. 设备状态监测与故障诊断技术应包括哪些具体内容?
2. 数控机床机械故障诊断中采用什么方法和手段?
3. 造成数控机床主轴箱噪声大的原因是什么?
4. 试分析滚珠丝杠副反向误差大故障产生的原因及排除方法。
5. 数控机床液压系统主要的故障现象有哪些?

技 能 训 练

1. 典型数控机床液压系统的调试和故障诊断。
2. 排除机械手装卸刀动作失准故障。

第五章 数控系统故障诊断

不同的数控系统虽然在结构和性能上有所区别,但随着微电子技术的发展,数控系统的故障诊断技术也由简单的诊断朝着多功能的高级诊断或智能化方向发展,在故障诊断上有它们的共性。熟悉和掌握数控系统故障诊断的步骤和方法,了解组成数控装置的控制系统和伺服系统的常见故障及其诊断,对提高故障诊断效率是很有帮助的。

第一节 概 述

一、故障分类

数控系统故障分类的方法很多,按故障发生后有无报警显示,可以分为:

1. 有报警显示的故障

这类故障又可分为硬件报警显示与软件报警显示两种。

(1) 硬件报警显示的故障 硬件报警显示通常是指各单元装置上的警示灯(一般由LED发光管或小型指示灯组成)的指示。在数控系统中设有用以指示故障部位的警示灯,如控制操作面板、位置控制印制电路板、伺服控制单元、主轴单元、电源单元以及光电阅读机、穿孔机等外装置上常设有这类警示灯。一旦数控系统的这些警示灯指示故障状态后,均可大致分析判断出故障发生的部位与性质,这无疑给故障分析诊断带来极大方便。因此,维修人员日常维护和排除故障时应认真检查这些警示灯的状态是否正常。

(2) 软件报警显示故障 软件报警显示通常是指CRT显示器上显示出来的报警号报警信息。由于数控系统具有自诊断功能,一旦检测到故障,即按故障的级别进行处理,同时在CRT上以报警号形式显示该故障信息。这类报警显示常见的有:存储器警示、过热警示,伺服系统警示、轴超程警示、程序出错警示、主轴警示、过载警示以及断线警示等等,通常,少则几十种,多则上千种,这无疑为故障判断和排除提供极大帮助。

软件报警有来自NC的报警和来自PLC的报警,NC报警为数控部分的故障报警,可通过显示的报警号,对照维修手册中有关NC故障报警原因内容,来确定可能产生该故障的原因。PLC报警显示由PLC的报警信息文本所提供,大多数属于机床侧的故障报警,可通过所显示的报警号,对照维修手册中有关PLC故障报警信息、PLC接口说明以及PLC程序等内容,检查PLC有关接口和内部继电器状态,来确定该故障所产生的原因。通常,PLC报警发生的可能性要比NC报警高得多。

2. 无报警显示的故障

这类故障发生时无任何硬件或软件的报警显示,因此分析诊断难度较大。例如:机床通电后,在手动方式或自动方式运行X轴时出现爬行现象,无任何报警显示;机床在自动方式运行突然停止,而CRT显示器上无任何报警显示;在运行机床某轴时发生异常声响,一般也无故障报警显示。一些早期的数控系统由于自诊断功能不强,尚未采用PLC控制器,无PLC报警信息文本,出现无报警显示的故障情况会更多一些。

对于无报警显示故障，通常要具体情况具体分析，要根据故障发生的前后变化状态进行分析判断。例如上述 X 轴在运行时出现爬行现象，可首先判断是数控部分故障还是伺服部分故障，具体做法是：在手摇脉冲进给方式下，可均匀地旋转手摇脉冲发生器，同时分别观察比较 CRT 显示器上 Y 轴、Z 轴与 X 轴进给数字的变化速率。通常，如数控部分正常，三个轴的上述变化速率应基本相同，从而可确定爬行故障是 X 轴的伺服部分或是机械传动所造成。

二、故障诊断原则

在诊断故障时应掌握以下原则：

(1) 先外部后内部 数控机床是机械、液压、电气一体化的机床，故其故障的发生必然要从机械、液压、电气这三者综合反映出来。数控机床的维修要求维修人员掌握“先外部后内部”的原则，即当数控机床发生故障后，维修人员应先采用望、听、嗅、问、摸等方法，由外向内逐一进行检查。比如：数控机床中，外部的行程开关、按钮开关、液压气动元件以及印制电路间的连接部位，因其接触不良造成信号传递失灵，是产生数控机床故障的重要因素。此外，由于工业环境中，温度、湿度变化较大，油污或粉尘对元件及电路板的污染，机械的振动等，对于信号传送通道和接插件都将产生严重影响。在维修中重视这些因素，首先检查这些部位就可以迅速排除较多的故障。另外，尽量避免随意地启封、拆卸、不适当的大拆大卸，往往会扩大故障，使机床大伤元气，丧失精度，降低性能。

(2) 先机械后电气 由于数控机床是一种自动化程度高、技术复杂的先进机械加工设备，一般来讲，机械故障较易察觉，而数控系统故障的诊断则难度较大些。先机械后电气就是在数控机床的维修中，首先检查机械部分是否正常，行程开关是否灵活，气动、液压部分是否存在阻塞现象等等。从实际的经验来看，数控机床的故障中有很大部分是由机械动作失灵引起的。所以，在故障检修之前，首先注意排除机械性的故障，往往可以达到事半功倍的效果。

(3) 先静后动 维修人员本身要做到先静后动，不可盲目动手，应先询问机床操作人员故障发生的过程及状态，阅读机床说明书、图样资料后，方可动手查找处理故障。其次，对有故障的机床也要本着先静后动的原则，先在机床断电的静止状态，通过观察测试、分析，确认为非恶性故障，或非破坏性故障后，方可给机床通电，在运行工况下，进行动态的观察、检验和测试，查找故障。然而对恶性的破坏性故障，必须先行排除危险后，方可进行通电，在运行工况下进行动态诊断。

(4) 先公用后专用 公用性的问题往往影响全局，而专用性的问题只影响局部。如机床的几个进给轴都不能运动，这时应先检查和排除各轴公用的 CNC、PLC、电源、液压等公用部分的故障，然后再设法排除某轴的局部问题。又如电网或主电源故障是全局性的，因此一般应首先检查电源部分，看看熔丝是否正常，直流电压输出是否正常。总之，只有先解决影响一大片的主要矛盾，局部的、次要的矛盾才有可能迎刃而解。

(5) 先简单后复杂 当出现多种故障互相交织掩盖、一时无从下手时，应先解决容易的问题，后解决难度较大的问题。常常在解决简单故障的过程中，难度大的问题也可能变得容易，或者在排除简单故障时受到启发，对复杂故障的认识更为清晰，从而也有了解决办法。

(6) 先一般后特殊 在排除某一故障时，要先考虑最常见的可能原因，然后再分析很少发生的特殊原因。例如：一台 FANUC 0T 数控车床 Z 轴回零不准，常常是由于降速挡块位

置走动所造成。一旦出现这一故障，应先检查该挡块位置，在排除这一常见的可能性故障之后，再检查脉冲编码器、位置控制等环节。

三、故障诊断步骤

无论是早期故障，还是偶发故障，数控机床故障诊断的一般步骤都是相同的。当数控机床发生故障时，除非出现危及数控机床或人身安全的紧急情况，一般不要关断电源，要尽可能地保持机床原来的状态不变，并对出现的一些信号和现象作好记录，维修人员不要急于动手盲目处理，首先要查看故障记录，向操作人员询问故障出现的全过程。若已经关机，要在确认通电对系统无危险的情况下，再通电观察，特别要注意确定以下主要故障信息：

- 1) 故障发生时报警号和报警提示是什么？哪些指示灯和发光管指示了什么报警？
- 2) 如无报警，系统处于何种工作状态？系统的工作方式诊断结果（如 FANUC 0T 系统的 700、701、712 号诊断内容）是什么？
- 3) 故障发生在哪个程序段？执行何种指令？故障发生前进行了何种操作？
- 4) 故障发生在何种速度下？轴处于什么位置？与指令值的误差量有多大？
- 5) 以前是否发生过类似故障？现场有无异常现象？故障是否重复发生？
- 6) 有无其他偶然因素，如突然停电、外线电压波动较大、打雷、某部位进水等。

然后根据故障情况进行全面的分析，确定查找故障源的方法和手段，再有计划、有目的地一步步仔细检查。故障诊断一般按下列步骤进行：

(1) 详细了解故障情况 例如当数控机床发生振动或超调现象时，要弄清楚是发生在全部轴还是某一轴。如果是某一轴，是全程还是某一位置，是一运动就发生还是仅在快速、进给状态某速度、加速或减速的某个状态下发生。为了进一步了解故障情况，要对数控机床进行初步检查，并着重检查 CRT 上的显示内容、控制柜中的故障指示灯、状态指示灯或作报警用的数码管。当故障情况允许时，最好开机试验，详细观察故障情况。

(2) 分析故障原因 根据故障情况进行分析，缩小范围，确定故障源查找的方向和手段。对故障现象进行全面了解后，下一步可根据故障现象分析故障可能存在的位置，即哪一部分出现故障可能导致如此现象。有些故障与其他部分联系较少，容易确定查找的方向，而有些故障原因很多，难以用简单的方法确定出故障源查找方向，这就要仔细查阅有关的数控机床资料，弄清与故障有关的各种因素，确定若干个查找方向，并逐一进行查找。

(3) 由表及里进行故障源查找 故障查找一般是从易到难，从外围到内部逐步进行。所谓难易，包括技术上的复杂程度和拆卸装配方面的难易程度。技术上的复杂程度是指判断其是否有故障存在的难易程度。在故障诊断的过程中，首先应该检查可直接接近或经过简单的拆卸即可进行检查的那些部位，然后检查要进行大量的拆卸工作之后才能接近和进行检查的那些部位。

四、故障诊断技术

绝大部分数控系统都有诊断程序。所谓诊断程序就是对数控机床各部分包括数控系统本身进行状态或故障检测的软件。当数控机床发生故障时，可利用该程序诊断出故障源所在范围或具体位置。故障自诊断技术是当今数控系统一项十分重要的技术，它的强弱是评价系统性能的一项重要指标。随着微处理机技术的快速发展，数控系统的自诊断能力越来越强，从原来简单的诊断朝着多功能和智能化方向发展。其报警种类，由不足 10 种发展到现在的上千种。当数控系统一旦发生故障，借助系统的自诊断功能，往往可以迅速、准确地查明原因

并确定故障部位。因此,对维修人员来说,熟悉和运用系统的自诊断功能是十分重要的。

当前使用的各种 CNC 系统的诊断方法归纳起来大致可分为三大类。

1. 启动诊断 (Start Diagnostics)

所谓启动诊断是指 CNC 系统每次从通电开始到进入正常的运行准备状态为止,系统内部诊断程序自动执行的诊断。诊断的内容为系统中最关键的硬件和系统控制软件,如 CPU、存储器、I/O 单元等模块以及 CRT/MDI 单元、纸带阅读机、软盘单元等装置或外围设备。有的 CNC 系统启动诊断程序还能对配置进行检查,用以确定所有指定的设备、模块是否都已正常地联接,甚至还能对某些重要的芯片,如 RAM、ROM、LSI (专用大规模集成电路) 是否插装到位、选择的规格型号是否正确进行诊断。只有当全部项目都确诊无误之后,整个系统才能进入正常运行的准备状态,否则,CNC 系统将通过 CRT 画面或用硬件 (如发光二极管) 报警方式指出故障信息。此时,启动诊断过程不能结束,系统不能投入运行。上述启动诊断程序约在数秒钟内结束,一般不会超过一分钟。

例如,FANUC 11 系统的启动诊断程序在执行时,在系统主板上的七段显示器反映出诊断情况,在诊断执行过程中按:8-9-8-7-6-5-4-3-2-1的过程变化。在正常结束时将停在 1 的位置。在每次数字变化过程中反映出不同的检查内容,其中:

9-是对 CPU 进行复位,并开始执行诊断指令。

8-进行 RAM 试验检查。如出错,则显示 B,表示 RAM 检查出错。

7-对 RAM 进行清除,亦即对上述试验内容清除为 0,为正常运行作好准备。

6-对 BAC 芯片 (总线随机控制) 进行初始化,如果检查通不过,显示 A,则说明主板与 CRT 之间传输有问题;如显示 C,则表示有不用的单元被连接,亦即板接错了;如显示 F,表示 I/O 板或连接用的电缆不好;如显示 H,表示所连的连接单元识别号不对;如显示 c (小写字母),表示光缆传输出错;如显示 J,表示 PLC 接口转换未输出信号。

5-对 MDI 进行检查。

4-对 CRT 初始化。

3-显示 CRT 初始化画面 (如软件系列号,版本号等)。此时,如显示 L,表示 PLC 未通过检查,亦即 PLC 控制软件有误;如显示 O,则是系统未通过初始化 (TPL) 方式,表示系统的控制软件有问题。

2-表示完成系统的初始化工作。

1-表示系统可以正常运转。如此时不是显示 1 而是 E,则表示系统出错。也即系统的主板或 ROM 板上硬件有故障或是 CNC 控制软件有故障。在一般情况下,CRT 也将显示出报警信息,但当故障与显示功能有关时,CRT 就不能显示报警信息,只能依靠七段显示器的显示来判断。

2. 在线诊断 (On-Line Diagnostics)

在线诊断是指通过 CNC 系统的内装程序,在系统处于正常运行状态时,对 CNC 系统本身以及与 CNC 装置相连的各个进给伺服单元、伺服电动机、主轴伺服单元和主轴电动机以及外围设备等进行自动诊断、检查。只要系统不停电,在线诊断就不会停止。

现代的数控系统具有丰富的运行自诊断功能,CNC 系统的自诊断能力不仅能在 CRT 上显示故障报警信息,而且还能以多页的“诊断地址”和“诊断数据”的形式为用户提供各种机床状态信息,这些信息有:CNC 系统与机床之间的接口输入/输出信号状态;CNC 与

PLC 之间输入/输出信号状态; PLC 与机床之间输入/输出信号状态; 各坐标轴位置的偏差值; 刀具距机床参考点的距离; CNC 内部各存储器的状态信息; 伺服系统的状态信息; MIDI 面板、机床操作面板的状态信息等等。常见的有:

(1) 接口显示 为了区分出故障发生在数控内部, 还是发生在 PLC 或机床侧, 有必要了解 CNC 和 PLC, 或 CNC 和机床之间的接口状态以及 CNC 内部状态。通过这个诊断功能就能显示出接口信号是接通还是断开。

(2) 内部状态显示 它又可分成许多部分:

1) 由于外因造成不执行指令的状态显示。如 CNC 系统是否处于到位检查中; 是否将进给速度倍率设定为 0; 是否处于机床锁位状态; 是否处于等待速度到达信号接通; 在螺纹切削时, 是否处于等主轴一转信号; 在主轴每转进给时, 等待位置编码器的旋转等;

2) 位状态显示。如系统是否处于急停状态或是处于外部复位信号接通等;

3) TH 报警状态显示。即纸带水平和垂直校验, 显示出报警时的纸带错误孔的位置;

4) 磁泡存储器异常状态显示。

5) 位置偏差量的显示;

6) 旋转变压器或感应同步器的频率检测结果显示, 它可用于频率的调整;

7) 伺服控制信息显示;

8) 存储器内容显示等。

故障信息显示的内容一般有上百条, 最多可达上千条。这许多信息大都以报警号和适当注释的形式出现。一般可分成几大类: ①过热报警类; ②系统报警类; ③存储器报警类; ④编程/设定类, 这类故障均为操作、编程错误引起的软故障; ⑤伺服类, 即与伺服单元和伺服电动机有关的故障报警; ⑥行程开关报警类; ⑦印制电路板间的连接故障类。

上述在线诊断功能, 对 CNC 系统的操作者和维修人员分析系统故障原因, 确定故障部位大有帮助。充分利用 CNC 系统提供的这些信息, 就能迅速准确地查明故障、排除故障。

例 5-1 北京第一机床厂生产的 XK5040 数控立铣, 数控系统为 FANUC 3MA。

故障现象: 驱动 Z 轴时就产生 31 号报警。

检查及分析: 查维修手册, 31 号报警为误差寄存器的内容大于规定值。根据 31 号报警指示, 将 31 号机床参数的内容由 2000 改为 5000, 与 X、Y 轴的机床参数相同, 然后用手轮驱动 Z 轴, 31 号报警消除, 但又产生 32 号报警。查维修手册知, 32 号报警为: Z 轴误差寄存器的内容或数模变换器的命令值超出了范围, 将参数改为 3333 后, 32 号报警消除, 31 号报警又出现, 反复修改机床参数, 故障均不能排除。为了诊断 Z 轴位置控制单元是否出了故障, 将 800、801、802 诊断号调出, 发现 800 在 -1 与 -2 间变化, 801 在 +1 与 -1 间变化, 802 却为 0, 没有任何变化, 这说明 Z 轴位置控制单元出现了故障, 为了准确定位控制单元故障, 将 Z 轴与 Y 轴的位置信号进行变换, 即用 Y 轴控制信号去控制 Z 轴, 用 Z 轴控制信号去控制 Y 轴, Y 轴就发生 31 号报警 (实际是 Z 轴报警), 同时, 诊断号 801 也变为 “0”, 802 有了变化。通过这样交换, 再一次证明 Z 轴位置控制单元有问题。

变换 Z 轴、Y 轴伺服驱动系统, 仍不能排除故障。交换伺服驱动控制信号及位置控制信号, Z 信号能驱动 Y 轴, Y 信号不能驱动 Z 轴。这样就将故障定点在 Z 轴伺服电动机上, 打开 Z 轴伺服电动机, 发现位置编码器与电动机之间的十字联结块脱落 (位置编码器上的螺纹断), 致使电动机在工作中无反馈信号而产生上述故障报警。故障处置: 将十字联

结块与伺服电动机、位置编码重新联结好，故障排除。

3. 离线诊断 (Off-Line Diagnostics)

当 CNC 系统出现故障或要判定系统是否真有故障时，往往要停止加工和停机作检查，这就叫离线诊断（或称脱机诊断），离线诊断的主要目的是故障导通和故障定位，力求把故障定位在尽可能小的范围内，例如缩小到某个模块，某个电路板上的某部分电路，某个芯片或器件，这种更为精确的故障定位，对于彻底修复故障系统是十分必要的。

离线诊断可以在现场，也可以在维修中心或 CNC 系统制造厂进行。

早期的 CNC 装置是采用专用诊断纸带对 CNC 系统进行脱机诊断，诊断纸带提供诊断所需数据。诊断时将诊断纸带内容读入 CNC 系统的 RAM 中，系统中的微处理器根据相应的输出数据进行分析，以判断系统是否有故障并确定故障的位置。诊断纸带可作下述测试：

- (1) 纸带阅读机读入测试 判定阅读机是否正常工作，是否出现误读或重读。
- (2) CPU 测试 用以检查控制程序是否工作，对 CPU 指令数据格式进行测试。
- (3) 存储器 RAM 测试 可发现读入程序是否被破坏。
- (4) 位置控制测试 可发现坐标位置偏离，机床无法起动等毛病。
- (5) I/O 接口测试 测试接口的输出是否符合输入等。

现代 CNC 系统离线诊断用软件，一般多已与 CNC 系统控制软件一起存在 CNC 系统中，这样维修诊断时更为方便。Cincinnati Acramatic 850 和 950 即将这些诊断程序与 CNC 控制程序一同存入 CNC 中，维修人员可以随时用键盘调用这些程序并使之运行，在 CRT 上观察诊断结果。

例如，德国 MAHO 公司的 CNC432 数控系统离线诊断专用程序内容包括：

- 1) VIDEO MOD/CRT 用来诊断显示单元的工作状态；
- 2) CONTROL PANEL 用来检查控制面板上各个键及旋钮功能是否正常；
- 3) PROC MOD INT 用来检查 CPU 插件内部各电路的功能；
- 4) PRO MOD V24 用来检查 CPU 插件的 V24 接口电路之功能；
- 5) PROC MOD RAM 用来检查 CPU 插件中 RAM 的功能是否正常；
- 6) MEMORY MOD 用来检查存储插件（包括 RAM 和 EPROM）功能是否正常；
- 7) DRIVE MOD1 用来检查 X、Y 轴伺服电动机的插件之功能；
- 8) DRIVE MOD2 用来检查 Z、B 轴伺服电动机的插件之功能；
- 9) DRIVE MOD3 用来检查主轴伺服电动机的插件之功能；
- 10) I/O MOD1 用来检查输入输出插件功能；
- 11) I/O MOD2 用来检查附加输入输出插件；
- 12) SERVICE ONLY1 只能由受过专门训练的维修专家进行调用。

其中，SERVICE ONLY1 又包含如下诊断检测项目① FLAT PANEL；② CPU MODULE；③ CRT DISPLAY；④空；⑤ CRT/VDU CARD；⑥空；⑦ INTER CONTR；⑧ RAM CPU；⑨ INT TIMER；⑩ RAM MODULE 等二十几项内容。

在上述的 12 个诊断程序当中，厂方规定：程序 1)～4) 操作人员可进行调用和执行；程序 5)～11) 必须由专业维修人员来调用；而程序 12) 只能由受过专门训练的维修专家调用和执行；否则，可能给机床和系统造成严重故障。

上述诊断程序的调用和执行并不复杂，首先接通控制系统电源，并按下 MANUAL 键，

再将控制柜内的一个转换开关由“0”打到“1”的位置，即将整个控制系统从工作状态变为诊断状态。按下 MENU 键，控制系统主菜单即出现在 CRT 上。将光标移到 DIAGNOSTIC 项上，按下 ENTER 键，CRT 上即出现 12 个诊断程序的名称，以供选择。用光标确定要进行诊断的项目，按规定的方法进行诊断运行即可，这里不作详细介绍。

4. 现代诊断技术

随着 IC 和微机的性能/价格比的提高，近年来，国外已将一些新的概念和方法成功地引入到诊断领域，使诊断技术进入到一个更高的阶段。这些新的诊断技术，有的已走向实用，有的正在研制和完善过程中，主要有下述几种：

(1) 通信诊断 通信诊断也称远程系统诊断或“海外诊断”。德国的西门子公司在 CNC 系统诊断中采用了这种诊断功能。用户只需把 CNC 系统中专用“通信接口”连接到普通电话线路上，而在西门子公司维修中心的专用通信诊断计算机的“数据电话”也连接到电话线路上，然后由计算机向 CNC 系统发送诊断程序，并将测试数据输回到计算机进行分析并得出结论。随后又将诊断结论和处理办法通知用户。诊断系统除用于故障发生后的诊断外，还可为用户作定期的预防性诊断，维修人员不必亲临现场，只需按预定的时间对机床作一系列运行检查，在维修中心分析诊断数据，以发现可能存在的故障隐患。这类 CNC 系统必须具备远程诊断接口及联网功能。

(2) 自修复系统 所谓自修复系统就是在系统内设置有备用模块，在 CNC 系统的软件中装有自修复程序，当该软件在运行时一旦发现某个模块有故障时，系统一方面将故障信息显示在 CRT 上，同时自动寻找是否有备用模块。如有备用模块，则系统能自动使故障模块脱机而接通备用模块，从而使系统较快地进入正常工作状态。由此可见，所谓自修复实际上是“冗余”概念的一种应用。这个方案非常适用无人管理的自动化或是不允许长时间停止工作的重要场合。

美国的 A950 系统就已采用了这种自修复技术。在 A950 系统的机笼空余处安装了一块备用的 CPU 板，一旦系统中所用的 4 块 CPU 板中任何一块出现故障时，均能立即用备用板替代故障板。

但自修复技术需要将备板插入到机笼中的备用插槽上。从理论上讲，备用模块的品种越多越好，但这无疑增加了系统的成本，所以往往只是配备一些极其重要的或易出故障的备用板。另一方面，要求备用模板其他部分通信联系应与被替换的模板相同，所以本方案只适用于总线结构的 CNC 系统。

(3) 人工智能 (AI) 专家故障诊断系统 所谓专家系统是指这样的一种系统：①在处理实际问题时，本来需要有具有某个领域的专门知识的专家来，通过专家分析和解释数据并作出决定。为了像专家那样地解决问题，以计算机为基础的专家系统就是力求去收集足够多的专家知识；②专家系统利用专家推理方法的计算机模型来解决问题，并且得到的结论和专家相同，因此，专家系统的重要部分是推理，这也是专家系统不同于一般的资料库系统和知识库系统。在后者的系统中，只是简单地储存答案，人们可在机器中搜索，而在专家系统中储存的不只是答案，还应具有推理能力与知识。

专家系统的组成如图 5-1 所示。

根据上述原理，FANUC 公司已将专家系统引入 FANUC 15 系统中，用于故障的诊断。它是由知识库 (Knowledge Base)，推理机 (Inference Engine) 和人机控制器 (MMC —— Man

Machine Control) 三部分组成。其中, 知识库存在 15 系统的存储器中, 它储存着专家们掌握的有关 CNC 领域的各种故障原因及其处理方法, 而推理机具有推理的能力, 能够根据知识推导出结论, 不是简单地去搜索现成的答案。因此, 它的推理软件, 以知识库为根据, 分析、查找故障原因。FANUC 15 系统的推理机是一种采

用“后向推理”策略的高级诊断系统。所谓后向推理, 是指先假设结论, 然后回头检查支持结论的条件是否具备。如条件具备, 则结论成立, 所以它不同于先有条件、后得结果的前向推理, 以便更快地获得诊断结论。

在使用时, 普通操作者通过 15 系统上的 MDI/CRT 操作, 只作简单的会话式问答操作, 就能如同专家一样, 诊断出 CNC 系统或机床的故障。

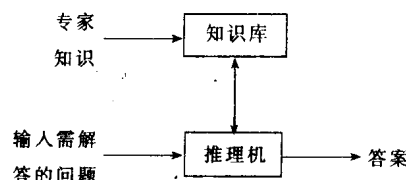


图 5-1 专家系统的组成

第二节 故障诊断方法

由于数控系统故障千变万化, 其原因往往比较复杂。同时, 数控系统自诊断能力还不能对系统的所有部件进行测试, 也不能将故障原因定位到具体的元器件上, 往往是一个报警号指示出众多的故障原因, 使人难以下手。因此, 要迅速诊断故障原因, 及时排除故障, 很有必要总结出一些行之有效的方法。

多年来, 广大维修人员在大量的数控机床维修实践中, 摸索出不少实践证明可快速找出故障、排除故障的方法。下面将结合维修实例, 详细介绍常用的几种故障诊断方法。

一、观察检查法

一般检查方法和步骤如下:

1. 直观检查

直观检查是维修开始的第一步, 它是利用人的手、眼、耳、鼻等感觉器官来寻找原因。这种方法在维修中是常用的, 也是首先使用的。“先外后内”的维修原则要求维修人员在故障诊断时应先采用望、听、嗅、问、摸等方法, 由外向内逐一进行检查。首先应当将待修的各部位作反复仔细的外观查看, 特别要注意观察电路板的元、器件及线路是否有烧伤、裂痕、腐蚀迹象, 如电阻爆裂、集成电路外壳变形、晶体管裂开、电解电容漏液、熔丝烧断等等, 这些现象尤其在功率电路板上更为多见。还有应注意电路板上是否有短路、断路、插头座倒置或歪斜, 插座、插槽的簧片损坏, 芯片接触不良, 元、器件管脚折断或脱焊等现象。对于他人已经维修过的电路板, 更要注意有无缺件、错件及断线等情况。这类明显的故障点用眼睛或借助放大镜仔细观察时可很快地发现。

在找出故障点后, 还应仔细分析、查找引发故障的原因。在大多数情况下, 引发的原因是肉眼看不到的, 如晶体管、二极管击穿、电容击穿或漏电等。如电路板局部发黑碳化, 则需将碳化部分仔细刮除, 并修补好已损的印制导线, 否则, 碳化的基板会引起漏电。

经验证明, 直观检查找出上述故障所花费的时间, 要比用仪器加电测试少得多, 在不少情况下, 可以起到事半功倍的效果。直观检查不仅在维修开始时是必要的, 就是在维修过程中往往也有效。一般在遇到疑难故障时, 可将电路板再仔细、反复查看, 并从原理角度分析, 进一步查找故障原因。

例 5-2 XHK716 立式加工中心，在安装调试时，CRT 显示器突然出现无显示故障，而机床还可继续运转。停机后再开，又一切正常，但在设备运转过程中经常出现这种故障。直观检查发现，每当车间上方的门式起重机经过时，往往就会出现故障，由此初步判断是元件连接不良。检查显示板，用手触动板上元件，当触动某一集成块管脚时，CRT 上显示就会消失。经观察发现该脚没有完全插入插座中。另外，发现此集成块旁边的晶振有一个引脚没有焊锡。将这两种原因排除后，故障消除。

例 5-3 KMC-3000SD 型龙门式加工中心在安装调试后不久，Z 轴运动时偶尔出现报警，指示实际位置与指令不一致。直观检查发现 Z 轴编码器外壳因被撞而变形，故怀疑该编码器已损坏，调换一个新编码器后上述故障排除。

2. 预检查

有一些常见故障在预检查中即可发现并及时排除。预检查时要求维修人员进行仔细观察，了解和发现现场的故障现象，通过和操作人员的详细交谈搞清故障现象。对某些故障，在可能的情况下请操作人员重新操作几次，以排除偶然因素并观察是否有操作或编程方面的错误。根据故障现象判别可能发生故障的部位，而后按照其故障特征与这一部位的具体特点逐个检查。若无操作与编程错误，且系统内装的 NC 诊断没有指示故障范围，则应进行下面几种检查。

3. 电源检查

由于我国工业用电电网电压波动较大，由此造成数控系统电源部分故障率较高，修理时应足够重视。电源是电路板的能源供应部分，电源不正常，电路板的工作必然异常。

电路板的工作电源，有的是由外部电源系统供给，有的由电路板上本身稳压电路产生，这种稳压电路一般用集成的稳压器。常用的集成稳压器有 78 系列和 79 系列。78 系列用于产生正电压，管脚排列如图 5-2a 所示，常用的型号为 7805 (+5V)、7812 (+12V)、7815 (+15V) 等。79 系列用于产生负电压，管脚排列如图 5-2b 所示，常用的型号为 7905、

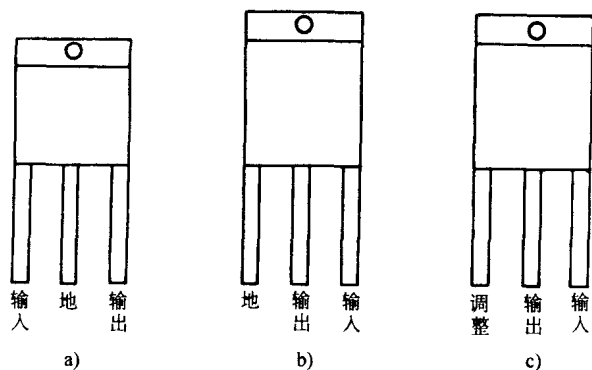


图 5-2 常用集成稳压器出脚图

7912、7915 等。另外还有可调式集成稳压器如 W723、LM117、LM217、TL783 等型号，改变稳压器采样电阻的采样分压比，可以得到 3~35V 的正或负直流输出电压，其管脚排列如图 5-2c 所示。

数控系统常用的通用集成电路为 TTL74 系列和 COMS4000 系列。74LS、74S、74F、74HC 等型都属于 74 系列，其电源电压为 +5V。COMS4000 系列、41 系列常用电压为 +5V 或 +12V、+15V。上述集成电路的接地脚和电源脚，大多数为下排最右脚和上排最左脚。

运算放大器、比较器，有些用单电源供电，有些用双电源供电，用双电源的运算放大器，要求正负供电对称，其差值一般不能大于 0.2V（具有调零功能的运放除外。）

电源检查包括输出电压稳定性检查和输出纹波检查。输出纹波过大，会引起系统不稳定，用示波器交流输入档可检查纹波幅值。纹波大一般是由集成稳定器损坏或滤波电容不良引起。

数控系统中对各电路板供电的系统电源大多数采用开关型稳压电源。这类电源种类繁

多,故障率也较高,但大部分都是分立元件,用万用表、示波器即可进行检查,但常需对电源的电路进行测绘,只有把电路原理图看懂了,才能有分析故障的能力。

数控系统开关稳压电源主要有二种:一种为单管自励式脉宽调制或调频电源,另一种为双管他励半桥式脉宽调制电源。图 5-3 所示是一个 NC 开关电源电路框图。虽然各种数控系统开关电源的具体线路不同,但图中各功能方框却是每个开关电源一般都应该有的。

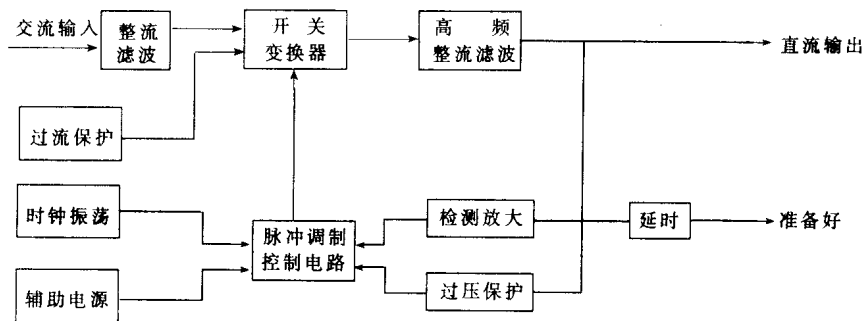


图 5-3 开关电源框图

检修开关电源时,最好在电源输入端接一只 1:1 的隔离变压器,以防触电。另外为了防止在修理过程中可能导致好的元件损坏,或引发新的故障,最好按图 5-4 所示的接线方法,使输入电压从 0V 开始逐渐增大,在输入和输出回路中都有电流、电压检测,一旦发现有过压或过流现象,即可关掉,不致造成损失。

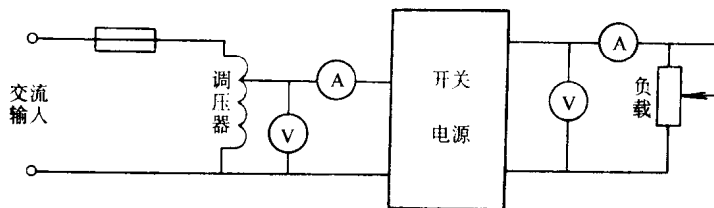


图 5-4 修理开关电源接线图

开关电源常见的故障有以下几种:

(1) 熔丝熔断 烧断时保险管发黑有亮斑,这是严重短路所造成,一般容易修复,它往往是由于高压滤波电容击穿、整流管击穿等明显故障原因引起。熔断的保险管不黑、属慢慢熔断,这种故障反而不好查找,可进行静态测量。常见的有半桥中一个开关管击穿或不良。

(2) 熔丝不断,输出无电压 这种情况可先检查有无 300V 直流电压,如果没有,故障发生在逆变之前;如果有 300V 高压而无输出,这时可用示波器检查开关管集电极有无 20kHz 波形。如开关管被击穿或没有起振,高频变压器开路均可造成逆变停止。另外,逆变电路正常,但被后级的过流或过压电路动作而保护,使输出无电压。如 +5V 档主输出电源输出空载,就会引起过保护而使输出无电压。

(3) 电源输出电压不准 通常,数控系统各档稳压直流电压的允许电压范围为额定值的 $\pm 5\%$ 之内,如果超出此范围,一般可调整电压调节电位器,将主输出电压档调至标准值。如果无法调至标准值,可能是电位器坏或稳压管坏。如果只有某一档电压偏离较大,则很可能是该档整流二极管损坏,要尽可能调换同型号的带有特基特性的二极管。有时开关电源的负载能力差,也会使输出电压降低过大,这可能因参数变化使电路工作点偏离线性区域,如

放大环节增益降低,检测电路处于非线性状态等。

(4) 开关电源发出重复的“滴嗒”响声 这通常是工作频率过低所造成,可用示波器检测脉冲宽度调制器,正常工作时将近 20kHz 左右。如定时回路的电容器容量变大,会引起定时振荡频率变低,使电源产生重复性的滴嗒声,使开关电源不能正常工作。

4. 接地检查与插头、连接电缆检查

首先要对数控机床上所有的电缆进行严格检查,看其屏蔽、隔离是否良好;按说明书对接地部分要严格测试;导线是否有足够截面积以保证接地电阻极小等等。其次,要检查电路板之间连接是否正确;所有集成电路芯片是否都稳装在插座上且无接触不良现象;接口电缆是否符合说明书要求,正确无误。

5. 机床数据检查

检查机床数据与数据设置是否正确,必要时可执行 CPU 板上机床数据清除或初始化操作,重新输入机床数据,以观察是否可将故障排除等。

二、功能程序测试法

功能程序测试法是将所修数控系统的 G、M、S、T、F 功能的全部使用指令编成一试验程序,并穿成纸带或存储在软盘上。在故障诊断时运行这个程序,可快速判定哪个功能不良或丧失。

功能程序测试法常应用于以下场合:

1) 机床加工造成废品而一时无法确定是编程、操作不当、还是数控系统故障时;

2) 数控系统出现随机性故障,一时难以区别是外来干扰,还是系统稳定性不好。如不能可靠地执行各加工指令,可连续循环执行功能测试程序来诊断系统的稳定性;

3) 闲置时间较长的数控机床在投入使用,或对数控机床进行定期检修时。

例 5-4 当配 FANUC 7CM 系统的加工中心加工时,出现零件尺寸相差甚大,系统又无报警时,使用功能程序测试法,将功能测试带输入系统,并空运行。测试过程如图 5-5 所示。

当运行到含有 G01、G02、G03、G18、G19、G41、G42 等指令的四角带圆弧的长方形典型图形程序时,发现机床运行轨迹与所要求的图形尺寸不符,从而确认机床刀补功能不良。该系统的刀补软件存放在 EPROM 芯片中,调换该芯片后机床加工恢复正常。

例 5-5 配 FANUC 9 系统的立式铣床在自动加工某一曲线零件时出现爬行现象,表面粗糙度极差。在运行测试程序时,直线、圆弧插补时皆无爬行,由此确定原因在编程方面。

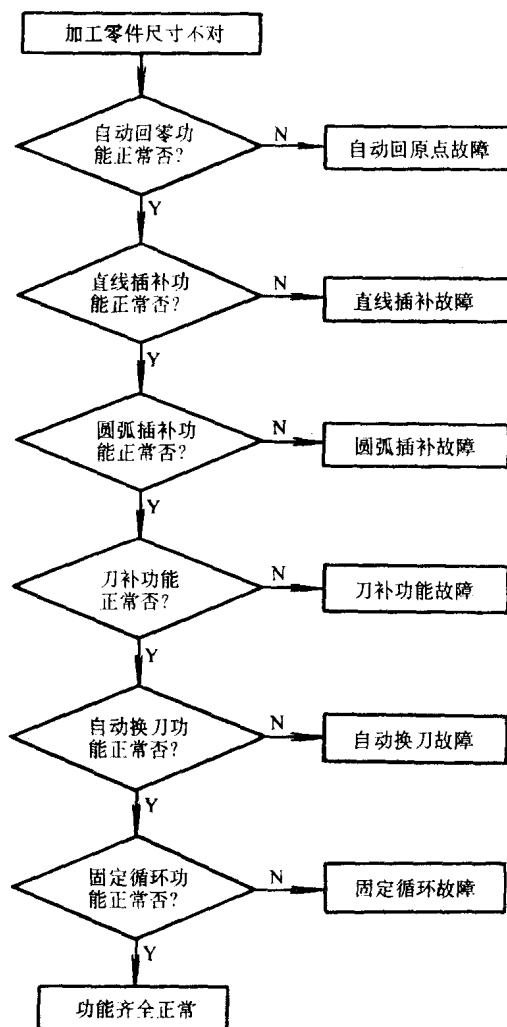


图 5-5 功能程序测试流程图

对加工程序仔细检查后发现该加工曲线由众多小段圆弧组成，而编程时又使用了正确定位检查 G61 指令之故。将程序中的 G61 取消，改用 G64 后，爬行现象消除。

三、PLC 程序法

PLC 程序法在诊断、控制和剖析数控系统 PLC 部分故障时，应用十分广泛。现以西门子 SINUMERIK850 系统为例，说明如何应用 PLC 程序法排除和维修 PLC 方面的故障。

SINUMERIK850 系统一般有两种报警，即 NC 报警和 PLC 报警。其中，NC 报警是由西门子公司设置的，其具体的诊断和处理方法，详见西门子专用报警说明。而 PLC 报警则是由用户设置的机床报警，它是机床制造厂根据机床的电器控制特点，结合 PLC 程序的逻辑关系，将一些能够反映机床接口电器控制的故障或操作信息，以特定的报警号或文字在 CRT 上显示出来。PLC 程序法就是针对此类报警提示对故障进行分析处理的。一般用 PLC 程序法处理故障分以下 6 个步骤：

步骤 1：按 PLC 报警号查阅机床厂提供的排故手册，以找到相应的“PLC 程序模块号”（如 PB、FB、SB 等）和相应的报警点（如输入点、输出点、标志位、计时器等）。这里所谓的“报警点”并不一定是故障点，也可能是指某标志位或计时/计数器，其报警是受上位逻辑运算结果的影响，而不是直接的故障报警点。

步骤 2：按查到的“模块号”或“报警点”查找机床厂提供的 PLC 程序，找到所有有关的程序段（SEGMENT）及所有影响“报警点”信号状态的编程序块（BLOCK）。

步骤 3：对上述 BLOCK 进行信号逻辑状态分析，力求确定各 BLOCK 中操作数的标准信号状态。

步骤 4：进行现场实时诊断。通过操作选择“诊断”功能（按 DIAGNOSIS 软件或通过 PG675 编程器的在线测试），即可实时读出所需操作数的信号状态。然后，将实时状态与标准状态进行比较，若有不同点，则该点即是所要搜寻的故障点。

步骤 5：按电气图查找故障点对应的故障元件（可用 BW4040EX 等在线测试仪），并查询在关厂商提供的资料说明。

步骤 6：调整或更换元器件，排除故障。

对于机床报警的处理，其方法是多种多样的，具体采用何种方法，可视实际报警特征而定。与传统电路图法相比较，PLC 程序法的适应性更广泛。传统电路图法只能局限于直接报警的 PLC 报警处理，而 PLC 程序法不仅能处理直接报警点，而且更适用于间接报警点的报警处理。因此，结合这种方法，即可实现机床报警的全面处理。同时，由于 PLC 程序是机床厂根据机床电气控制部分的特点而编制设计的，它等效于传统的继电器逻辑控制系统，所以，PLC 程序的逻辑分析过程，是完全符合机床设计和控制原理的。并且，此方法简单易学，便于维修人员掌握运用。此外，PLC 程序法遵循一定的执行步序，整个诊断流程的实现保证了故障定位的准确性和时效性。因此，正确运用 PLC 程序法，可以大大缩短机床的故障停机时间。

四、修改状态识别法

早期生产的数控系统在使用中为弥补不足而修改其软、硬件，可能引起“状态”故障。此时，应及时了解和掌握 NC（包括 PLC）方面的最新维修资料，以便在出现故障后获取故障提示，从而尽快确定故障源。

例 5-6 瑞士 DIXI 公司数控镗床上的位置检测单元中的位置编码器维修。

位置编码器是位置检测单元中的重要部件之一，它检测出位移量后发出反馈信号，以便使机床高精度定位。位置编码器分粗、精两类，粗编码器用以检测某个坐标的 dm 及 cm 二位，在机床坐标位置显示器上显示，而精编码器则可显示某一坐标上的 mm 位及 0.1mm 位。磁编码器有 16 码道，每一码道用磁敏电阻输出状态的变化来检测位移量，并以 Vidicon 光导摄像管系统检测显示 0.01mm 及 0.001mm 位。在机床开动时，磁编码器随着坐标的运动不断地转动，以便对坐标的实际位置进行检测并反馈给计算机和命令值相比较，利用差值去控制伺服系统直至差值为零时，工作台停止移动。

磁编码器里的 16 个码道所对应的磁敏电阻工作频率很高，因此在机床应用一段时间后，磁敏电阻的寿命就到了，往往偏出正常值，使输出的逻辑关系出错，表现为数显闪烁不定，机床不能正常工作，出现故障状态。

维修时，按常规要更换磁敏电阻，需把编码器拆下分解，再装上进行调整。这样维修时间长，不利于生产。若采用修改状态法，则可以事半功倍。

具体方法是使用万用表 D.C=2.5V 档分别测 CD 电路板上 1a~16a 的 16 个测试点，每个测试点对应一个码道，16a 对应 16 码道。

图 5-6 表示了在 CD 电路板上输入端 1a 测点对应的波形的简要示意图。

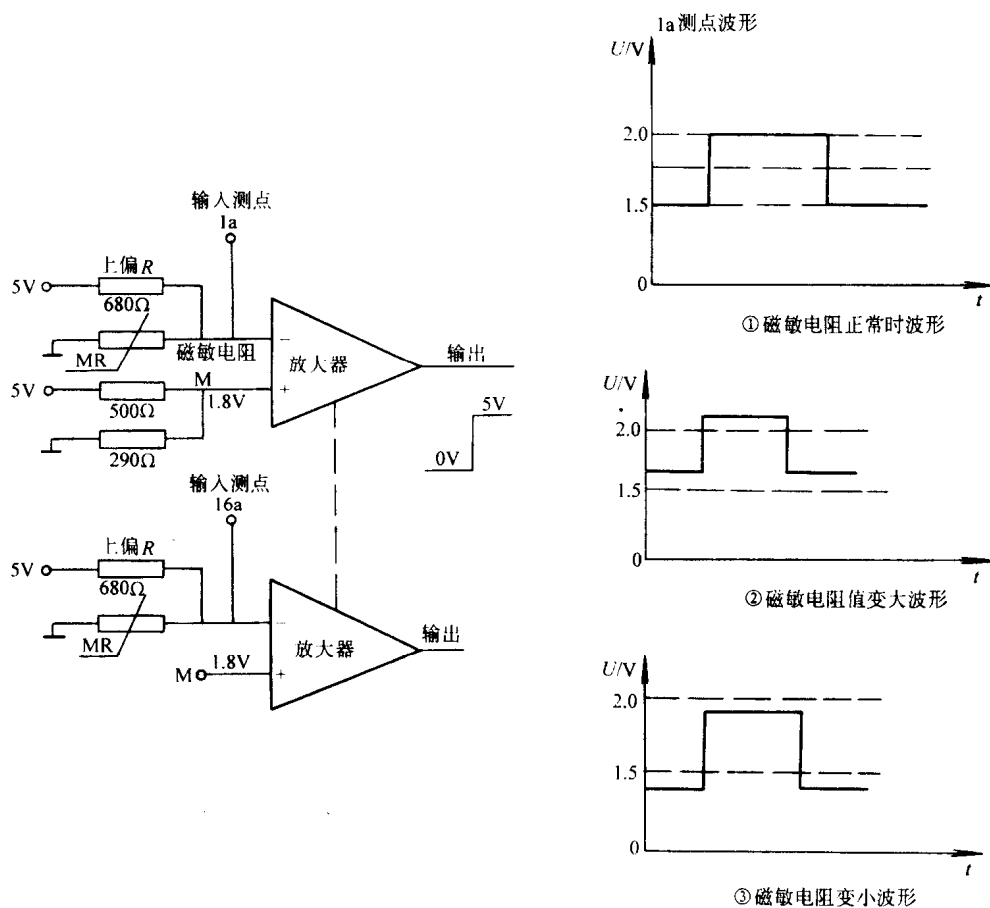


图 5-6 CD 板输入端测试波形

从编码器输出的信号电压正常时，其变化范围为 1.6~2.0V，门坎电压 1.8V 波形如图

5-6 中①所示。当编码器输出电压不正常时, 1a 点输入电压波形产生上移或下移 (见图 5-6 中②及③所示)。磁敏电阻阻值变大则上移, 反之则下移。

修改状态法的实质是修改其阻值状态。分析后可得出结论, 仅调整 (改变偏流电阻的阻值) 上偏流电阻之值即可适应 (或补偿) 磁敏电阻之值的变化, 使故障得以迅速排除。上偏流电阻阻值可按下式计算

$$5 \times \frac{R_{\text{磁出}}}{R_{\text{上偏}} + R_{\text{磁出}}} = 2.0\text{V}$$

$$R_{\text{上偏}} = 1.5R_{\text{磁出}}$$

总之, 使各测点测得电压变化范围恢复到 1.6~2.0V 时即可。

下面再以西门子 SINUMERIK8 系统 NC 操作面板上 MS401 板的一个故障, 进一步说明修改状态识别法的应用。

故障现象为偶尔操作面板、屏幕无显示而造成数控系统无法启动。经检查内部无 5V 直流工作电压, 其原因为窗口电压极限 (对整流后 5V 电压的监控) 范围过窄。由于上、下范围过于狭窄, 故整流后电压稍有波动即超出此范围而使监控起作用, 从而使继电器关断, 无 5V 输出。通过 R87 电位计调节基准值 5V 的中心值, 确定极限范围的中心位置, 再更换 R_{g1} 和 R_{g3} 两个电阻, 使极限值范围扩大, 修改了“状态”, 从而使此故障不再出现。以此方法排除了许多家用户出现的这一故障。

五、接口信号法

当数控系统发生故障时, 由于数控机床各个控制部分大多采用半闭环或闭环控制方法, 其控制链回路中的每一个环节都代表一个控制部分。各环节之间又是通过 I/O 接口互为控制。如果利用接口部分输入、输出信号的变化状况加以分析, 一般可找出故障出现的控制环节, 从而迅速排除非故障区域, 以达到缩小故障源诊断范围的目的。

例 5-7 数控龙门铣床的进给伺服故障维修。设备采用西门子 SINUMERIK850 系统。

(一) 故障现象

- 1) 工作台往 X 轴正向运行时液压泵突然关闭, 工作台正常运行中断;
- 2) CRT 上显示报警内容为“1040 DAC LIMIT REACHED”;
- 3) 按复位键清除该故障后, 重新启动 X 轴, X 轴仍静止, 持续启动约十几秒后, 油泵又自动关闭, CRT 上又重新显示同样的报警信号及内容。

(二) 故障分析

1040 报警表示了数控系统输出的 X 轴模拟量超出了 10V 极限值, 根据手册中的报警说明, 可以确定在整个驱动回路中出现了断路, 从而引起了 X 轴闭环控制的中断。由于这种开环现象, 使 X 轴未能接受到 CNC 的运行指令, 或 X 轴未能将测量信号反馈至 CNC, 从而引起 X 轴中断运行。

1. 确定故障范围

通过上述分析, 故障是由于闭环控制中断而引起的 X 轴停止运行, 因此, 确定该故障范围为: 有关 X 轴的进给控制。

2. 接口信号分析

(1) 接口信号选择 选择“坐标轴专用接口信号”的数据块 DB32, 见表 5-1。

表 5-1 坐标轴专用接口信号 (数据块 DB32)

	位	15 7	14 6	13 5	12 4	11 3	10 2	9 1	8 0
从坐标轴来的信号	DLK		坐标轴位置控制		参考点到达	运行命令 +	运行命令 -	位置到达精定位	位置到达粗定位
	DRK								
到坐标轴去的信号	DLK + 1	镜像			减速至参考点	坐标轴停	伺服使能	软件限位 +	软件限位 -
	DRK + 1	JOG +	JOG -		进给倍率 1:100	轴锁定	手轮执行 3	手轮执行 2	手轮执行 1
	DLK + 2							行程限位 +	行程限位 -
	DRK + 2								
	DLK + 3	进给禁止							
	DRK + 3	n + 7	n + 6	n + 5	n + 4	n + 3	n + 2	n + 1	n + 0
		n + 15	n + 14	n + 13	n + 12	n + 11	n + 10	n + 9	n + 8

表中 DL 和 DR 分别表示数据字 DW 的高 8 位 (8~15 位) 和低 8 位 (0~7 位), 表中所列的坐标地址 K 和报警文本地址 n 的含义, 见表 5-2。其中 PLC I 和 PLC II 的 PLC 机床数据位在数据块 DB63 中设定。

表 5-2 坐标轴地址 K 和报警文本地址 n

轴	地址 K	报警文本地址	用于处理的 PLC 数据	
			PLC I	PLC II
1	0	8200	6016.0	6116.0
2	4	8220	6016.1	6116.1
3	8	8240	6016.2	6116.2
4	12	8260	6016.3	6116.3
5	16	8280	6016.4	6116.4
6	20	8300	6016.5	6116.5
7	24	8320	6016.6	6116.6
8	28	8340	6016.7	6116.7
9	32	8360	6017.0	6117.0
10	36	8380	6017.1	6117.1
11	40	8400	6017.2	6117.2
12	44	8420	6017.3	6117.3

由于故障发生在 X 轴, 所以坐标轴地址 K=0, 则对应的 DB32 中的字为 DW1 (DL1 和 DR1) 和 DW3 (DL3 和 DR3)。从表 5-1 中查控制部分至坐标轴的接口信号, 影响 X 轴运动的位为 DL1.2 (或 DW 1.10) 伺服使能信号和 DW3 进给禁止信号, DW3 对应的报警文本见表 5-3。

表 5-3 进给禁止报警文本

DW3	15	14	13	12	11	10	9	8
报警文本	8207	8206	8205	8204	8203	8202	8201	8200
DW3	7	6	5	4	3	2	1	0
报警文本	8215	8214	8213	8212	8211	8210	8209	8208

从 CRT 上查阅“用户数据位”中有关“进给禁止”内容，如图 5-7 所示。

8200	FEED INHIBIT NO MOTION COMMAND
8201	NO CONTROLLER ENABLE
8202	BRAKE NOT OFF
8204	NO “FEED ENABLE”

图 5-7 “进给禁止” CRT 显示

其中 8200 号，即 DW3.8 位，逻辑状态“1”表示 CNC 无 X 轴运行指令，逻辑状态“0”表示 CNC 发出运行指令；

8201 号，即 DW3.9 位，逻辑状态“1”表示 PLC 控制器未起动，逻辑状态“0”表示 PLC 控制器起动。

8202 号，即 DW3.10 位，逻辑状态“1”表示刹车未释放，逻辑状态“0”表示刹车释放。

8204 号，即 DW3.12 位，逻辑状态“1”表示进给键起动，逻辑状态“0”表示进给键未起动。

同时 DW 1.10 位，逻辑状态“1”表示伺服起动，逻辑状态“0”表示伺服未起动。

(2) 接口信号状态分析 当 X 轴起动时，接口信号状态变化流程如图 5-8 所示。

图 5-8 中，I 为输入接口，O 为输出接口。

1) 控制面板上进给键起动，相应的接口数据 DW3.12 为“1”，表示本过程的 O→I 实现；

2) CNC 向 PLC 发出运行指令，相应的接口数据 DW3.8 为“0”，表示本过程的 O→I 实现；

3) PLC 向驱动装置发出指令，相应的接口数据 DW3.9 为“0”，表示本过程的 O→I 实现；

4) 驱动装置伺服启动，相应的接口数据 DW 1.10 为“1”，表示本过程的 O→I 实现；

5) 刹车系统释放，相应的接口数据 DW3.10 为“0”，表示本过程的 O→I 实现。

通过 CRT 可以显示出标准接口数据，比较正常状态和静止状态，列表 5-4 所示。

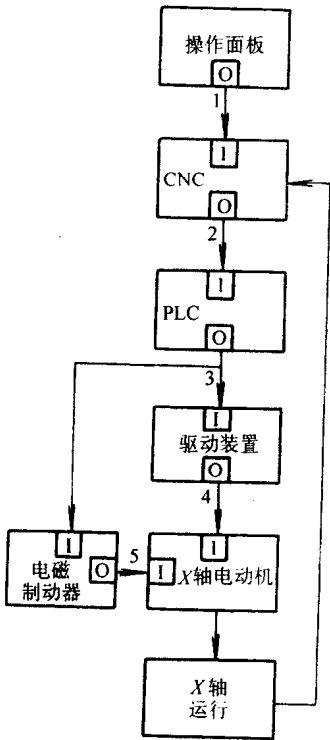


图 5-8 接口信号状态变化流程图

表 5-4 DW1 和 DW3 接口数据

X 轴状态	DW1	DW3	X 轴状态	DW1	DW3
X 轴静止	0000000000000000	0000011100000000	X 轴正常运行	0000010000000000	0001000000000000

(三) 故障确定

当 X 轴发生故障而停止运行时, 根据 CRT 所显示的数据, 列出可能会出现的故障点, 见表 5-5。

表 5-5 故障点判别

数据字位	故障位状态	故障接口	故障点	数据字位	故障位状态	故障接口	故障点
DW3.12	0	1	进给键	DW1.10	1	4	驱动装置
DW3.8	1	2	NC → PLC	DW3.10	0	5	电磁制动器
DW3.9	1	3	PLC → 驱动装置				

按表 5-5 所示的 5 种故障源, 即可进行故障测试。当 X 轴起动后, 使故障再次重复出现, 保持该故障的瞬间, 观察各接口信号的变化, 结果发现 DW3.8、DW3.9、DW3.10 的状态依次由“1”跳变为“0”, 且 DW3.12 也由状态“0”跳变为“1”, 但 DW 1.10 仍维持为“0”状态, 即可确定故障点为接口 4, 即驱动装置故障。测试驱动装置的输入输出端, 进一步认定上述判断的正确性, 即可对驱动装置进行检查。

通过以上维修实例可以看到, “接口信号法”可以较快的, 并且准确的将故障搜索范围缩小到尽可能小的区域, 从而大大缩短了排除故障的时间。同时, 这种方法符合该系统的设计与调试原则, 比较简单, 易于掌握。所以, 推广应用“接口信号法”, 对数控系统的维修具有很大意义。

六、试探交换法

这是一种在一定条件下采用的方法。当经过努力仍不能确定故障源在哪块电路板时, 采用试探交换法是行之有效的。具体来说, 就是将怀疑目标用备用板进行更换, 或用机床上相同的板进行互换。然后启动机床, 观察故障现象是否消失或转移, 以确定故障的具体位置。如果故障现象仍然存在, 说明故障与所更换的电路板无关; 若故障消失或转移, 则说明更换之板正是故障板。

采用此法之前要认定:

- 1) 故障在该板的可能性最大, 用其他方法难以确定其好坏, 做到有的放矢, 而不能盲目换板;
- 2) 数控系统各种电源正常, 负载不短路, 若将旧板拔下, 不经检查和判断就轻易地换上新板, 有可能造成新板的损坏。

采用此法时还要注意:

- 1) 若非对系统十分了解, 有相当的把握, 一般不要轻易更换 CPU 板及存储器板, 否则有可能造成程序和机床参数的丢失, 造成故障的扩大;
- 2) 若是 EPROM 板或板上有 EPROM 芯片, 请注意存储器芯片上贴的软件版本标签是否与原板完全一致, 若不一致, 则不能更换;
- 3) 有些板是通用的, 要根据机床的具体情况及使用位置进行设定。因此要注意板上拨

动开关的位置是否与原板一致，短路棒的设置是否与原板相同。

试探交换法一般是行之有效的，是一种常用的故障诊断方法。但要小心谨慎地进行，否则，达不到预期的目的，反而使故障复杂化，也可能损坏备用板或引起严重后果。

例 5-8 配 FANUC 7CM 系统的 XK715F 型数控立铣床出现纵向拖板（Y 轴）正向进给正常，反向进给失常，时动时不动，采用手摇脉冲进给时也如此。

图 5-9 为该系统 X、Y 两轴伺服系统电气连接图，采用试探交换法的诊断流程如图 5-10 所示。

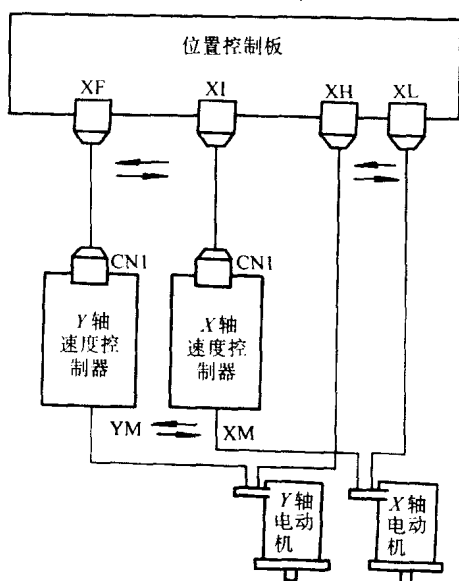


图 5-9 X、Y 轴伺服连接图

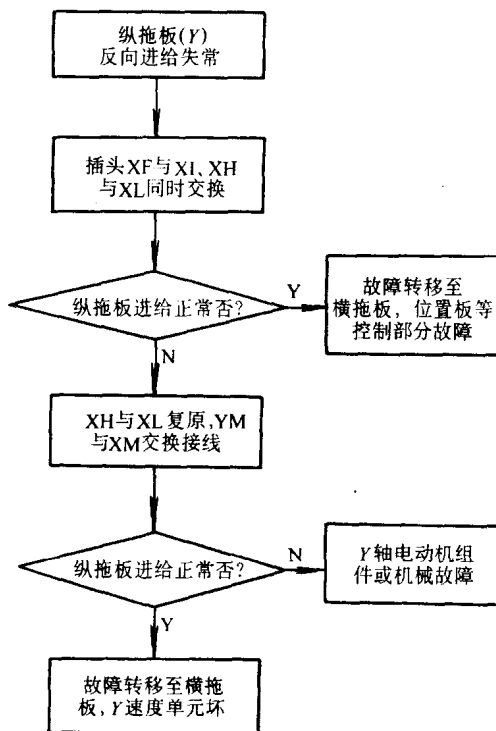


图 5-10 交换法诊断流程图

第一次交换后故障仍在纵拖板轴，第二次交换后故障转移到横拖板轴，从而确定 Y 轴速度控制器有故障。将其拆下检查，发现板上一电容损坏。换上新电容后，故障消除。

除上述 6 种故障诊断方法外，还有敲击法、升降温法、参数检查法、原理分析法等多种方法。这些检查方法各有特点，可按不同的故障灵活应用或数种方法结合使用，逐渐缩小故障的可疑范围，最后将故障找出、排除。

第三节 控制系统故障诊断

一、常见控制系统故障

数控装置控制系统故障主要利用自诊断功能报警号，计算机各板的信息状态指示灯，各关键测试点的波形、电压值，各有关电位器的调整，各短路销的设定，有关机床参数值的设定，专用诊断元件，并参考控制系统维修手册、电气图册等加以排除。控制系统部分的常见故障如下：

1. 电池报警故障

当数控机床断电时, 为保存好机床控制系统的机床参数及加工程序, 需靠后备电池予以支持。这些电池到了使用寿命其电压低于允许值时, 就产生电池故障报警。当报警灯亮时, 应及时予以更换, 否则, 机床参数就容易丢失。因为换电池容易丢失机床参数, 因此应该在机床通电时更换电池, 以保证系统能正常地工作。

2. 键盘故障

在用键盘输入程序时, 若发现有关字符不能输入、不能消除、程序不能复位或显示屏不能变换页面等故障, 应首先考虑有关按键是否接触不好, 予以修复或更换。若不见成效或者所用按键都不起作用, 可进一步检查该部分的接口电路、系统控制软件及电缆连接状况等。

3. 熔丝故障

控制系统内熔丝烧断故障, 多出现于对数控系统进行测量时的误操作, 或由于机床发生了撞车等意外事故。因此, 维修人员要熟悉各熔丝的保护范围, 以便发生问题时能及时查出并予以更换。

4. 刀位参数的更改

FANUC 10T 系统控制的 F12 数控车床带有两个换刀台, 在加工过程中, 由于机床的突然断电或因意外操作了急停按钮, 使机床刀具的实际位置与计算机内存的刀位号不符, 如果操作者不注意, 往往会发生撞车或打刀废活等事故。因此, 一旦发现刀位不对时, 应及时核对控制系统内存刀位号与实际刀台位置是否相符, 若不符, 应参阅说明书介绍的方法, 及时将控制系统内存中的刀位号改为与刀台位置一致。

5. 控制系统的“NOT READY (没准备好)”故障

1) 应首先检查 CRT 显示面板上是否有其他故障指示灯亮及故障信息提示, 若有问题应按故障信息目录的提示去解决。

2) 检查伺服系统电源装置是否有熔丝断、断路器跳闸等问题, 若合闸或更换了熔丝后断路器再跳闸, 应检查电源部分是否有问题; 检查是否有电动机过热, 大功率晶体管组件过电流等故障而使计算机监控电路起作用; 检查控制系统各板是否有故障灯显示。

3) 检查控制系统所需各交流电源、直流电源的电压值是否正常。若电压不正常也可造成逻辑混乱而产生“NOT READY”故障。

6. 机床参数的修改

对每台数控机床都要充分了解并掌握各机床参数的含义及功能, 它除能帮助操作者很好地了解该机床的性能外, 有的还有利于提高机床的工作效率或用于排除故障。

例如西门子 7ME 系统控制的 FP5C 加工中心, 随着温度及使用状况的变化, 可能会使伺服系统的漂移值超过给定的允许值, 使机床不能工作并产生报警。如果及时对控制系统的 TE16 参数值, 作适当更改并进行手动补偿即可排除故障。再如, 该机床有时出现进给轴时走时停等现象, 这是由于行程开关接触电阻过大, 使有关信号没能及时发出。若不属上述原因, 可通过对有关轴位置测量回路的测量, 使感应同步器产生的正弦信号与 DEST 信号的相位对齐, 并对 TE7 参数进行必要的修改使故障排除。

近年来数控机床的软件功能比较丰富, 通过对有关参数的更改可扩展机床的功能、提高各轴的进给率及主轴转速的上限值、在循环加工中缩短退刀的空行程距离等, 从而达到提高工作效率的目的。

7. 机床软超程故障的排除

FANUC 10 系统控制的 F12 数控车床, 由于编程或操作失误而发生 OT001~OT006 等软超程故障, 有时以超程的反方向运动可以解除。若上述方法无效时, 可按如下办法解除:

① 同时按压“-”和“.”键起动电源;

② CRT 上显示 IPL 方式及如下内容:

1 CUMP MEMORY

2 —

3 CLEAR FILE

4 SETTING

5 —

6 END IPL

③ 键入“4”、“INPUT”以选择“SETTING”;

④ 键入“N”之后, 显示“CHECK SOFT AT POWER ON?”;

⑤ 第②项再次显示之后, 键入“6”、“INPUT”则改变 IPL 方式, 故障自然消除。

当然, 控制系统部分的故障现象远不止这些。如 CRT 显示装置的亮度不够、帧不同步, 无显示; 光电阅读机的故障; 输入、输出打印机故障; 机床参数的全消除方法; 数控装置的初始化方法; 备板的更换方法及注意事项等因系统的不同, 其方法也有所不同。这就需要根据具体情况, 参考有关维修资料及个人工作经验予以解决。

二、经济型数控机床控制系统故障

以 STD 总线机为母机的数控系统 (用于车床) 为例, 介绍其常见故障分析与排除方法。总线机一般结构均是以机箱的机座为基础, 各插件板插入机座, 通过机座上的总线把各插件板连成一体, 常用的插件板 (以 51 系列单片机型为例) 有: 主机板、CRT 显示器接口板、I/O 接口板、键盘接口板和抗干扰滤波板。编号分别为: 5101、5102、5103、5104 和 5105。故障分析与排除方法如表 5-6 所示。

表 5-6 经济型数控机床控制系统故障 (总线机结构)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	系统开机后, CRT 无图像, 按键后无任何反映	220V 交流供电电源异常	恢复正常供电
		熔丝熔断	更换熔丝
		开关电源 $\pm 12V$ 、 $+5V$ 直流输出电压异常	更换开关电源
		STD 机箱与开关电源间连线有虚连	重新插接连线
		5105 板三色发光二极管是否全亮	调换 5105 板
2	系统工作正常, 但 CRT 无图像或图像混乱	220V 交流供电电压异常	恢复正常电压
		显像管灯丝不亮	更换 CRT
		CRT 与 5102 板间的视频连接不可靠	重新插接连线
		5102 或 5101 板有故障	调换故障板 (注: 若因 CRT 的行、帧不对造成图像混乱, 可调 CRT 对应旋钮)
3	按键后系统及 CRT 无响应	键盘引线 with 5104 板的插接异常	重新插接面板引出线
		5104 板故障	调换 5104 板

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
4	系统工作正常, 但主轴不工作	主轴模拟信号输出端与变频器公共地之间无电压输出	高速下测 5104 板模拟信号输出插座引脚的模拟电压值, 重新插接连线或更换 5104
		主轴变频器输出端插座内部连线不可靠、系统输出端主轴正反转、停转脚引线 with 公共地之间的通、断情况异常	测量其通断情况 (测量检查时, 须按面板上相应按键) 内部重新连接或调换 5104 板
		系统与变频器之间的连线不可靠	外部重新连接
5	系统工作正常, 但进给不工作	进给驱动器供电电压异常	恢复正常供电电压
		驱动电源指示灯不亮	更换驱动电源
		系统与驱动器间的连线不可靠	外部重新连线
		驱动控制信号插座内部连线不可靠, 且各输出端电压 (5V) 异常	内部重新连线或调换 5103 板
6	系统工作正常, 但刀架不工作或换刀不停	手动检查刀位不正常	更换刀架控制器或刀架内部元件
		系统与刀架控制器间的连线不可靠	外部重新连线
		刀架控制信号插座内部连线不可靠且输出端各刀位控制通、断信号异常	内部重新连线或调换 5103 板或 5101
7	不能进行主轴高低档切换, 与 X、Z 轴超程限位失灵	系统与外部切换开关间的连线不可靠	外部重新连线
		外部切换开关异常	更换开关 (含超程限位开关)
		外部回答信号插座内部连线不可靠且输入信号异常	内部重新连线或调换 5103 板
8	系统各部分工作正常, 但加工误差大	X、Z 轴丝杠反向间隙过大	重新调整并确定间隙
		系统内部间隙预置值 (补偿值) 不合理	重新设置预置值
		步进电动机与丝杠轴间传动误差大	重新调整并确定其误差值
9	存入系统的加工程序丢失	5101 板上的电池失效	更换 5101 板上的电池
		5101 板断电保护电路有故障	更换 5101 板
10	程序执行中显示消失, 返回监控状态	控制装置接地松动, 在机床周围有强磁场干扰信号 (干扰失控)	重新进行良好接地或改善工作环境
		电网电压波动太大	加装稳压装置
11	步进电动机易被锁死	对应方向步进电动机的功放驱动板上的大功率管被击穿	分析原因, 更换损坏元件
12	大功率管经常被击穿	大功率管质量差或大功率管的推动级中的元件损坏	选用质量好的大功率管或替换已损坏的元件
		步进电动机线圈释放回路有障碍	检修释放回路, 更换损坏元件
		没有注重控制装置的经常保养	加强对装置的清洁保养, 尤其是加工铸铁
		机箱过热	保证机箱通风良好
13	某方向的加工尺寸不够稳定, 时有失步	对应方向步进电动机的阻尼盘磨损或阻尼盘的螺母松脱	调整步进电动机后端内阻尼盘的螺母, 使其松紧合适
14	某方向的电动机剧烈抖动或不能运转	步进电动机某相的电源断开	修复电动机连线
		某相的功放、驱动板损坏	修复或更换损坏的功放、驱动板

三、全功能型数控机床

现以 FANUC 6M 系统（用于铣床）为例，介绍报警信息不明或无报警信号的常见故障分析与排除方法（见表 5-7）。

表 5-7 控制系统故障诊断 (FANUC 6M)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	数控系统不能接通电源	电源变压器无输入（如熔断器熔断等）	检查电源输入或输入单元的熔断器
		直流工作电压（+5V、+24V）的负载短路	检查各直流工作电压的负载是否短路
		输入单元已坏	更换
2	电源接通后，CRT 无辉度或无画面	与 CRT 有关的电缆接触不良	重新连线
		CRT 单元输入电压（+24V）异常	检查 CRT 单元输入电压是否为 +24V
		主机板上有报警信号显示	按报警信息处理
		无视频信号输入	测试 CRT 接口板 VIDEO 信号，若无信号则接口板故障，更换
		CRT 单元质量不良	调试或更换
3	CRT 无显示，但输入单元报警灯亮	+24V 电源负载短路	排除短路现象
		连接单元接口板有故障	更换已损坏的元器件或接口板
4	CRT 无显示，机床不能动作，主机板无报警指示	主机板有故障	更换
		控制 ROM 板不良	更换
5	CRT 无显示，但手动或自动操作正常	系统控制部分能正常进行插补运算，仅显示部分有故障	更换 CRT 控制板
6	CRT 显示无规律亮斑、线条或符号	CRT 控制板有故障	更换
		主机板可能有故障	检查报警指示灯情况以确认主机板故障
7	CRT 只能显示 NOT READY，但能用 JOG 方式移动机床	有报警号显示	根据报警号处理
		磁泡存储器工作不正常	按操作说明书对磁泡存储器进行初始化处理后重新输入系统参数与 PC 参数
8	CRT 显示位置画面但机床不能执行 JOG 方式操作	主机板报警	根据报警号处理
		系统参数设定有误	检查并重新设定有关参数
9	CRT 只能显示位置画面	多为 MDI（手动输入方式）控制板故障	更换 MDI 控制板
10	纸带阅读机不能正常输入信息	“纸带”方式系统参数设定有误	检查并重新设定
		纸带阅读机供电不正常	检查纸带阅读机电路板上的电源
		纸带阅读机故障或纸带不符合要求	纸带不能移动为阅读机故障；纸带能动为系统参数（000～005 号）有误；否则纸带装反或不符合要求
		主机板接口部分器件故障	更换

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
11	系统不能自动运转	系统状态参数设置错误	检查诊断号中的自动方式、启动、保持、复位等信号与 M、S、T 等指令状态参数设置是否有误
		连接单元接收器不良	若与连接单元有关诊断号参数不能置“0”时, 更换连接单元
12	机床不能正常返回基准, 且产生 90 号报警	脉冲编码器的每转信号未输入	检查脉冲编码器、连接电缆、抽头是否断线
			返回基准点的起动点离基准点太近
			脉冲编码器已坏
13	返回基准点系统显示 NOT READY 无报警	基准点的接触或减速开关失灵	检查、修复或更换
14	机床返回的停止位置与基准点不一致	减速挡块的长度及安装位置不正确	调整挡块位置; 适当增加其长度
		外界干扰, 脉冲编码器电压太低, 伺服电动机与机床的联轴节松动	屏蔽线接地, 脉冲编码器电缆独立以确保其电缆连接可靠, 电缆损耗不大于 0.2V, 紧固联轴节
		脉冲编码器不良或主机板不良	更换脉冲编码器或主机板
		电缆瞬时断线、连接器接触不良, 偏置值变化, 主机板或速度控制单元不良	焊接电缆接头, 更换不良电路板
15	手摇脉冲器不能工作	系统参数设置错误	检查诊断号中机床互锁信号、伺服断开信号和方式信号是否正确
		伺服系统故障	若 CRT 画面随手摇脉冲器变化而机床不动, 则为伺服系统故障, 排故见后
		手摇脉冲器或其接口不良	检查主机板, 若正常则为手摇脉冲器或其接口不良, 更换

第四节 伺服系统故障诊断

一、常见伺服系统故障及诊断

伺服系统故障可利用 CNC 控制系统自诊断的报警号, CNC 控制系统及伺服放大驱动板上的各信息状态指示灯、故障报警指示灯, 参阅有关维修说明书上介绍的关键测试点的波形、电压值, CNC 控制系统、伺服放大板上有关参数的设定、短路销的设置及相关电位器的调整, 功能兼容板或备板的替换等方式来解决。比较常见的故障有:

1. 伺服超差

所谓伺服超差, 即机床的实际进给值与指令值之差超过限定的允许值。对于此类问题应作如下检查:

1) 检查 CNC 控制系统与驱动放大模块之间, CNC 控制系统与位置检测器之间, 驱动放大器与伺服电动机之间的连线是否正确、可靠;

2) 检查位置检测器的信号及相关的 D/A 转换电路是否有问题;

3) 检查驱动放大器输出电压是否有问题, 若有问题, 应予以修理或更换;

4) 检查电动机轴与传动机械间是否配合良好, 是否有松动或间隙存在;

5) 检查位置环增益是否符合要求。若不符合要求, 对有关的电位器应予以调整。

2. 机床停止时, 有关进给轴振动

1) 检查高频脉动信号并观察其波形及振幅, 若不符合要求应调节有关电位器, 如三菱 TR23 伺服系统中的 VR11 电位器;

2) 检查伺服放大器速度环的补偿功能。若不合适, 应调节补偿用电位器, 如三菱 TR23 伺服系统中的 VR3 电位器, 一般顺时针调节响应快, 稳定性差易振动, 逆时针调节响应差, 稳定性好;

3) 检查位置检测用编码盘的轴、联轴节、齿轮系是否啮合良好, 有无松动现象, 若有问题应予以修复;

3. 机床运行时声音不好, 有摆动现象

1) 首先检查测速发电机换向器表面是否光滑、清洁, 电刷与换向器间是否接触良好, 因为问题往往多出现在这里, 若有问题应及时进行清理或修整;

2) 检查伺服放大部分速度环的功能, 若不合适应予以调整, 如三菱 TR23 系统的 VR3 电位器。

3) 检查伺服放大器位置环的增益, 若有问题应调节有关电位器, 如三菱 TR23 系统的 VR2;

4) 检查位置检测器与联轴节间的装配是否有松动;

5) 检查由位置检测器来的反馈信号的波形及 D/A 转换后的波形幅度。若有问题, 应进行修理或更换。

4. 飞车现象 (即通常所说的失控)

1) 位置传感器或速度传感器的信号反相, 或者是电枢线接反了, 即整个系统不是负反馈而变成正反馈了;

2) 速度指令给的不正确;

3) 位置传感器或速度传感器的反馈信号没有接或者是有接线断开情况;

4) CNC 控制系统或伺服控制板有故障;

5) 电源板有故障而引起的逻辑混乱。

5. 所有的轴均不运动

1) 用户的保护性锁紧如急停按钮、制动装置等没有释放, 或有关运动的相应开关位置不正确;

2) 主电源熔断丝断;

3) 由于过载保护用断路器动作或监控用继电器的触点未接触好, 呈常开状态而使伺服放大部分信号没有发出。

6. 电动机过热

1) 滑板运行时其摩擦力或阻力太大;

2) 热保护继电器脱扣, 电流设定错误;

3) 励磁电流太低或永磁式电动机失磁时, 为获得所需力矩也可引起电枢电流增高而使电动机发热;

4) 切削条件恶劣, 刀具的反作用力太大引起电动机电流增高;

5) 运动夹紧、制动装置没有充分释放, 使电动机过载;

6) 由于齿轮传动系的损坏或传感器有问题, 所引入的噪声进入伺服系统而引发的周期性噪声, 可使电动机过热;

7) 电动机本身内部匝间短路而引起的过热;

8) 带风扇冷却的电动机, 若风扇损坏, 也可使电动机过热。

7. 机床定位精度不准

1) 滑板运行时的阻力太大;

2) 位置环的增益或速度环的低频增益太低;

3) 机械传动部分有反向间隙;

4) 位置环或速度环的零点平衡调整不合理;

5) 由于接地、屏蔽不好或电缆布线不合理, 而使速度指令信号渗入噪声干扰和偏移。

8. 零件加工表面粗糙

1) 首先检查测速发电机换向器的表面光滑状况以及电刷的磨合状况, 若有问题, 应修整或更换;

2) 检查高频脉冲波形的振幅、频率及滤波形状是否符合要求, 若不合适应予调整;

3) 检查切削条件是否合理, 刀尖是否损坏, 若有问题需改变加工状态或更换刀具;

4) 检查机械传动部分的反向间隙, 若不合适应调整或进行软件上的反向间隙补偿;

5) 检查位置检测信号的振幅是否合适并进行必要的调整;

6) 检查机床的振动状况, 如机床水平状态是否符合要求, 机床的地基是否有振动, 主轴旋转时机床是否振动等。

二、主轴伺服系统故障及诊断

主轴伺服系统分直流和交流两种。20 世纪 80 年代后期的数控机床, 大多采用交流主轴伺服系统, 而在此之前都用直流主轴伺服系统。现以 FANUC 公司生产的主轴伺服系统为例, 介绍其故障及诊断。

(一) FANUC 公司直流主轴伺服系统故障及诊断

(1) 主轴不转 引起这一故障的原因有: ①印制电路板太脏; ②触发脉冲电路故障, 不产生脉冲; ③主轴电动机动力线断线或主轴控制单元的连接不良; ④高/低挡齿轮切换离合器切换不正常; ⑤机床负载太大; ⑥机床未给出主轴旋转信号。

(2) 电动机转速异常或转速不稳定 造成此故障的原因有: ①D/A (数/模) 变换器故障; ②测速发电机故障; ③速度指令错误; ④电动机不良 (包括励磁损失); ⑤过负荷; ⑥印制电路板不良。

(3) 主轴电动机振动或噪声太大 这类故障的起因有: ①电源缺相或电源电压不正常; ②控制单元上的电源频率开关 (50/60Hz 切换) 设定错误; ③伺服单元上的增益电路和颤抖电路调整不好; ④电流反馈电路调整不好; ⑤三相输入的相序不对; ⑥电动机轴承故障; ⑦主轴齿轮啮合不好或主轴负荷太大。

(4) 发生过流报警 发生过流的可能原因有：①电流极限设定错误；②同步脉冲紊乱；③主轴电动机电枢线圈内部短路；④+15V 电源异常。

(5) 速度偏差过大 其原因：①负荷太大；②电流零信号没有输出；③主轴被制动。

(6) 熔丝烧断 其原因有：①印制电路板不良 (LED1 灯亮)；②电动机不良；③发电机不良 (LED1 灯亮)；④输入电源反相 (LED3 灯亮)；⑤输入电源缺相。

(7) 热继电器跳闸 这时 LED4 灯亮，表示过负荷。

(8) 电动机过热 这时 LED4 灯亮，表示过载。

(9) 过电压吸收器烧坏 这是由于外加电压过高或干扰。

(10) 运转停止 这时 LED5 灯亮，表示电源电压过低，控制电源混乱。

(11) 这时 LED2 灯亮，表示励磁丧失。

(12) 速度达不到高转速 其原因是：①励磁电流太大；②励磁控制回路不动作；③晶闸管整流部分太脏造成绝缘降低。

(13) 主轴在加/减速时工作不正常 造成此故障的原因有下述几种：①减速极限电路调整不当；②电流反馈回路不良；③加/减速回路时间常数设定和负载惯量不匹配；④皮带联接不良。

(14) 电动机电刷磨损严重或电刷上有火花痕迹或电刷滑动面上有深沟 造成此故障的原因有①过负荷；②换向器表面太脏或有伤痕；③电刷上粘有多量的切削液；④驱动回路给定不正确。

(二) FANUC 公司交流主轴伺服系统故障及诊断

在伺服单元的中间偏左处有四个发光二极管，它们从右至左排列分别代表十六进制的 1、2、4、8。表 5-8 列出了相应的故障及其分类。

表 5-8 交流主轴伺服系统的故障分类

故障编号	故障指示灯				故障内容
	8	4	2	1	
1				○	电动机过热
2			○		电动机速度偏离指令值
3			○	○	直流回路上 F7 保险烧毁
4		○			交流输入电路的 F1、F2、或 F3 保险丝熔断
5		○		○	印制电路板上的 AF2 或 AF3 保险丝熔断
6		○	○		电动机速度超过最大额定速度 (模拟系统检测)
7		○	○	○	电动机速度超过最大额定速度 (数字系统检测)
8	○				+24V 电源电压超过额定值
9	○			○	大功率晶体管模块的散热板过热
10	○		○		+15V 电源电压太低
11	○		○	○	直流回路电压太高
12	○	○			直流回路电流过大
13	○	○		○	CPU 损坏
14	○	○	○		ROM 异常
15	○	○	○	○	选择板故障

故障诊断与处理如下:

报警 1: 表示电动机过热。其可能的原因是电动机超载或电动机的冷却系统太脏或风扇电动机断线等不良故障。

报警 2: 表示电动机速度偏离指令值。其可能的原因是: ①电动机过载; ②转矩极限设定小; ③功率晶体管损坏; ④再生放电回路中熔丝熔断, 这时需降低加/减速频率; ⑤速度反馈信号不对, 此时用示波器检查 CH7 和 CH8 的波形并调整 RV18 和 RV19, 使波形的占空比为 1:1; ⑥连接断线或接触不良。

报警 3: 如果此时还发生直流回路上的 F7 熔丝烧毁, 其故障原因是大功率晶体管模块坏了。此时可用机械式万用表检查, 如果晶体管模块 C-E 间、C-B 间、B-E 间不是几百欧姆而是无穷大或短路, 则说明该模块已损坏。

报警 4: 它表示交流输入电路的熔丝 F1、F2、F3 熔断。其原因是: ①交流电源侧的阻抗太高, 如自耦变压器串联在系统中; ②晶体管模块损坏; ③二极管模块或晶闸管模块损坏; ④交流电源输入端的浪涌吸收器或电容损坏; ⑤印制电路板损坏。

报警 5: 表示印制电路板上 AF2 或 AF3 熔丝熔断。其原因是交流电源异常或是印制电路板有故障。

报警 6: 它表示模拟系统检测到电动机的转速超过最高的额定转速。原因是: ①印制电路板设定不对 (特别是 S5 的设定) 或未调整好; ②存储器的 ROM 编号不对; ③印制电路板不良。

报警 7: 它表示电动机的转速超过最高的额定转速 (二进制系统检测)。其原因同报警 6。

报警 8: +24V 电压过高。原因是: ①交流电压过高, 已超过额定值的 +10% 以上; ②电源电压切换开关设定错误, 应设定为 220V。

报警 9: 大功率晶体管模板的散热板过热。其原因, 负载过大或是冷却风扇坏或是灰尘太多。

报警 10: +15V 太低。其主要原因是交流输入电压过低。

报警 11: 直流回路电压太高。原因有: ①F5、F6 熔丝熔断, 此时应按报警 3 的方法处理; ②交流电源阻抗过高; ③印制电路板故障。

报警 12: 表示直流回路电流过大。其原因是: ①电动机绕组短路或接线端子处短路; ②晶体管模块损坏; ③印制电路板损坏。

报警 13: 表示印制电路板上的 CPU 损坏。

报警 14: 表示印制电路板上的 ROM 异常。原因是 ROM 号搞错或是 ROM 片损坏。

报警 15: 选择板报警。原因是: ①选择板连接故障; ②主轴切换回路等功能的选择板不良。

三、进给伺服系统故障及诊断

进给伺服系统的故障率, 约占整个数控系统故障的三分之一。进给伺服系统也有直流与交流二种, 其故障现象均可分为三种类型, 即: ①可在 CRT 上显示出其故障信息、代码; ②利用伺服单元板上发光二极管显示的故障; ③没有任何报警指示的故障。前一种类型的故障可借助系统维修手册诊断排除, 在此不详述。现仍以 FANUC 公司生产的伺服系统为例分别介绍直流与交流伺服系统后二种类型的故障分析与排除方法。

(一) FANUC 公司直流进给伺服系统故障及诊断

1. CRT 和速度控制单元上无报警的故障

(1) 机床失控 (飞车) 造成机床失控的原因有：①位置检测器的信号不正常。这很可能是由于连接不良引起；②电动机和检测器连接故障。往往可用诊断号 DGN800~804 判断；③速度控制单元不良。

(2) 机床振动 ①参数设定错误。用于位置控制的参数如 DMR、CMR 的设定错误；②速度控制单元上的设定棒设定错误；③如上述两项均无问题，则应检查机床的振动周期。如振动周期与进给速度无关，则可将速度控制单元上的检测端子 CH5 和 CH6 短路。如振动减小，则可将速度控制单元上的 S9、S11 端子短路再行观察，如振动继续减小，则是速度控制单元上的设定不合适所致。如在 CH5 和 CH6 短路情况下振动不减小，则可减小 RV1 值 (逆时针方向转动) 观察振动是否减小。如减小且振动周期在几十赫兹，则是由于机床固有振动引起；如未减小，则是速度控制单元的印制电路板不良。

(3) 每个脉冲的定位精度太差 除机床本身的问题外，还可能是伺服系统增益太低造成的，这时可将 RV1 往右调两个刻度来解决。

2. 速度控制单元上的硬件报警

在速度控制单元的印制电路板的右下部有七个报警指示——BRK, HVAL, HCAL, OVC, LVAL, TGLS 以及 DCAL。在它们的下方还有二个状态指示灯，PRDY (位置已准备好信号) 和 VRDY (速度已准备好信号)。在正常情况下，一旦电源接通，应该首先 PRDY 灯亮，过一会儿 VRDY 灯才亮，如果不是这个顺序亮灯，也说明伺服单元存在问题。上述九个指示灯一旦提示出现故障，可按以下介绍的流程图进行故障诊断。

(1) BRK 报警 它表示空气断路器跳闸、动作。这个报警只发生在直流伺服单元中，其故障排除顺序流程图如图 5-11 所示。

(2) HVAL 报警 这是一种过电压报警，这个报警在直流伺服和交流伺服单元中都会发生。其故障排除顺序流程图如图 5-12 所示。

(3) HCAL 报警 这是高电流报警，它在直流伺服和交流伺服单元中都会发生。其故障排除顺序流程图如图 5-13 所示。

(4) OVC 报警 它表示过载报警，它在直流伺服和交流伺服单元中都会发生。其故障判断顺序流程图如图 5-14 所示。

(5) LVAL 报警 它表示低电压报警，它在直流伺服和交流伺服单元中都会发生。其故

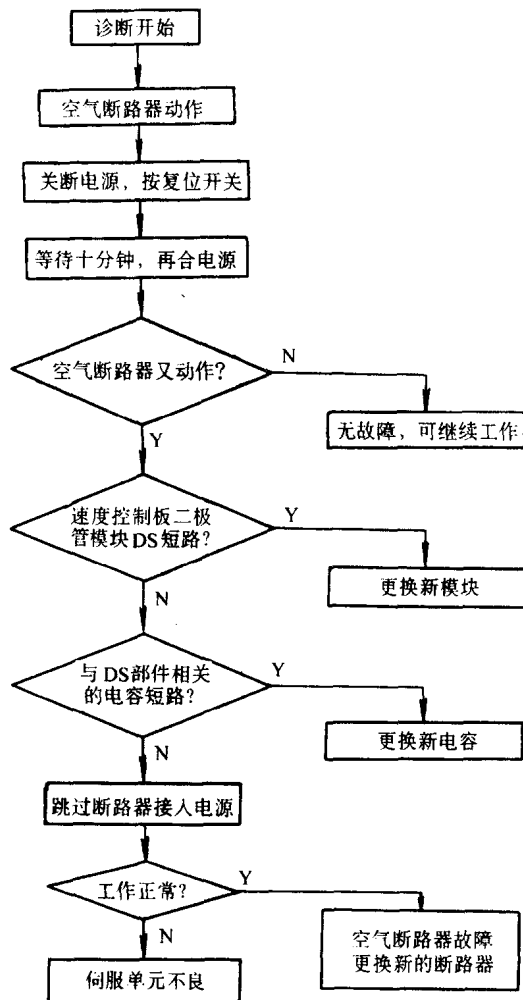


图 5-11 BRK 报警故障排除流程图

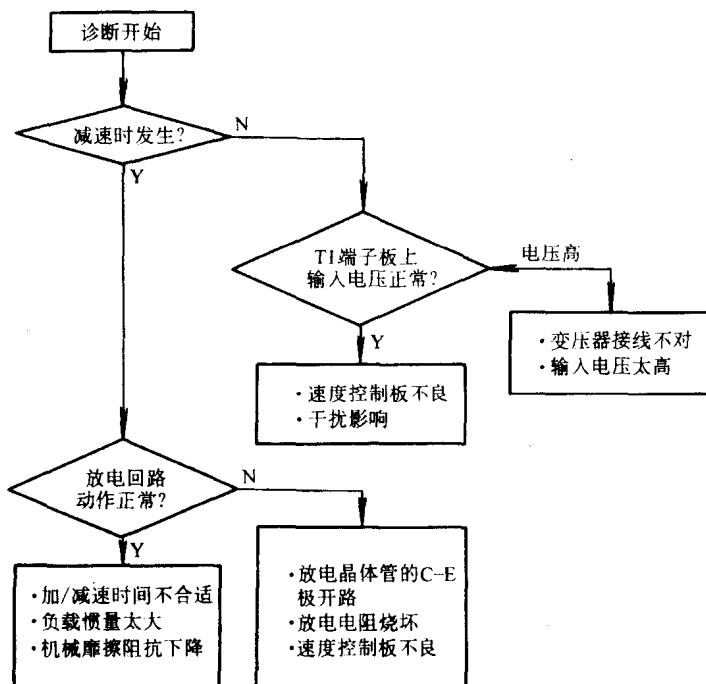


图 5-12 HVAL 报警故障排除流程图

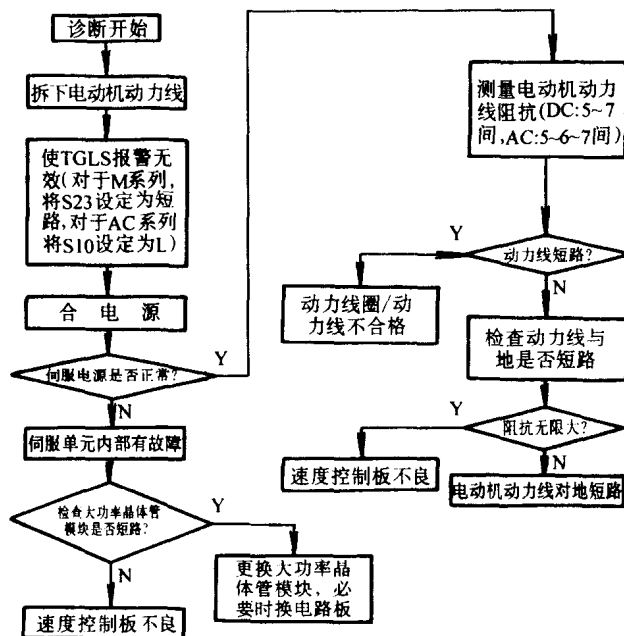


图 5-13 HVAL 报警故障排除流程图

障判断顺序流程图如图 5-15 所示。

(6) TGLS 报警 这是测速发电机断线报警, 这个报警在直流伺服和交流伺服单元中都会发生。其故障判断顺序流程图如图 5-16 所示。

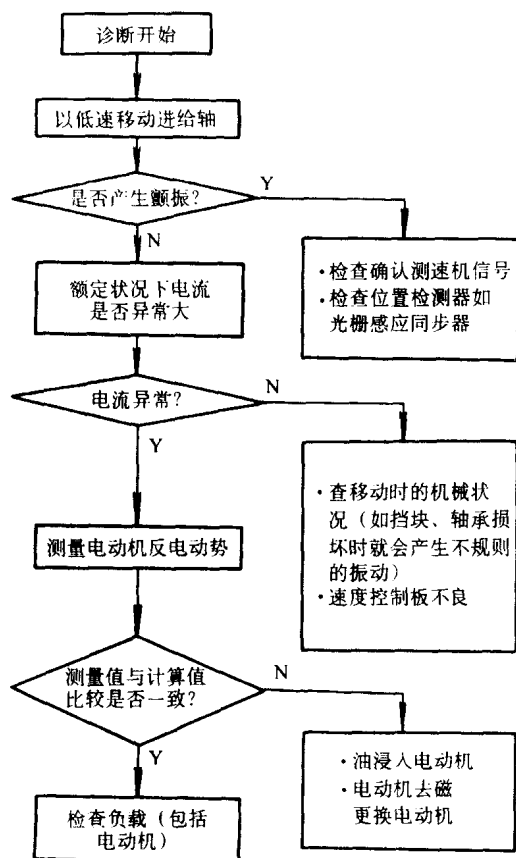


图 5-14 OVC 报警故障排除流程图

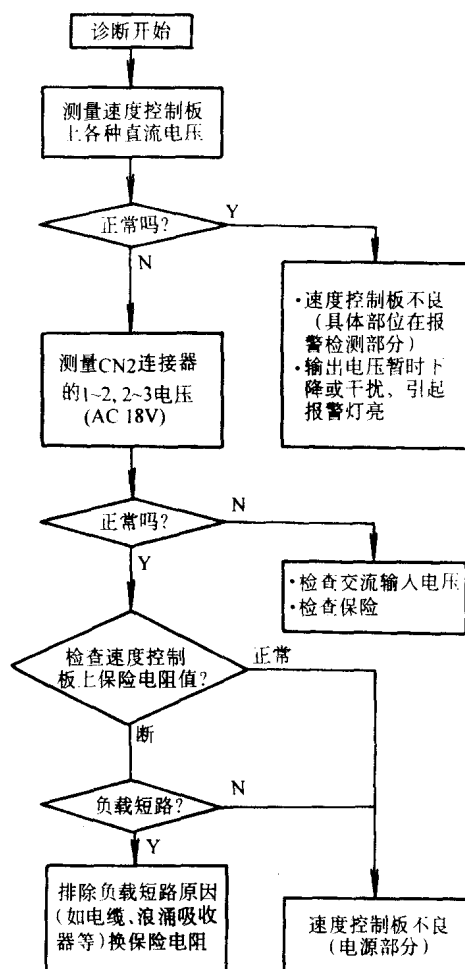


图 5-15 LVAL 报警故障排除流程图

(7) DCAL 报警 其含义是表示直流回路部分报警, 它在直流伺服和交流伺服单元中都会发生。排除本报警的顺序方法如流程图 5-17 所示。(注: 如果电源合闸就发生 DCAL 报警, 这时不要反复将电源接通/断开, 否则易将放电电阻烧坏。)

(8) VRDY 总是不亮 如果速度伺服单元准备好信号灯 VRDY 不亮, 表示 VRDY 信号没有送到 NC, NC 不能工作, 此时可按下述流程指示对故障进行诊断。此流程既适合直流伺服也适合交流伺服系统, 见图 5-18 所示。

(9) VRDY 总是亮 在正常情况下, 当合上电源时, 由 NC 送来一个位置已准备好信号, 使 PRDY 灯亮, 一旦伺服单元正常, 由伺服单元给出一个速度已准备好的应答信号, 使 VRDY 灯亮。如果数控系统一通电, VRDY 灯就亮, 则是不正常的, 此时应按图 5-19 所示流程进行检查。

(二) FANUC 公司交流进给伺服系统故障及诊断

伺服单元印制电路板上六个指示灯, 除 DRDY 指示灯外, 从上到下有 HV、HC、LV、DC、OH 五个指示灯。

(1) DC 报警 原因可能有: ①印制板上控制再生放大的晶体管 Q1 不好; ②印制电路板设定错误, 如采用侧置式再生放大单元, S2 却设定为 L; ③加/减速频率太高, 应不超过

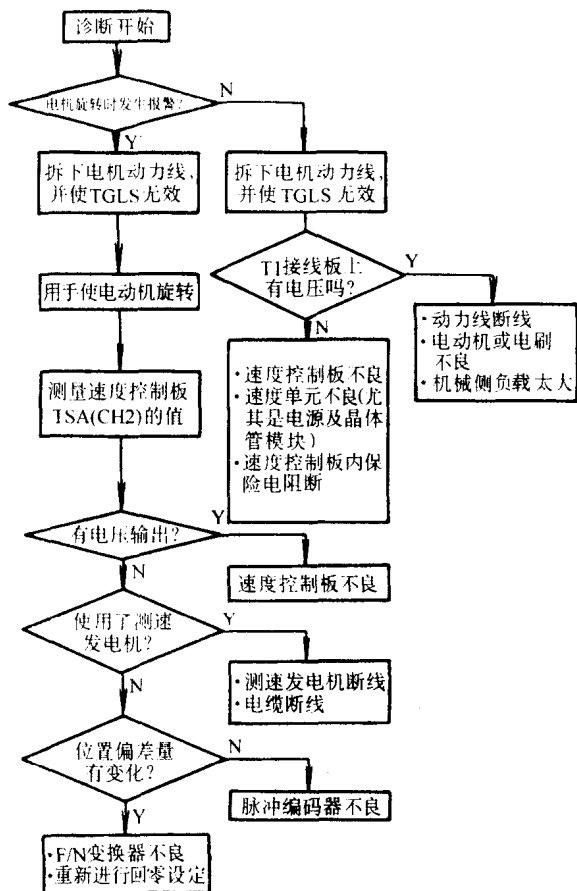


图 5-16 TGLS 报警故障排除流程图

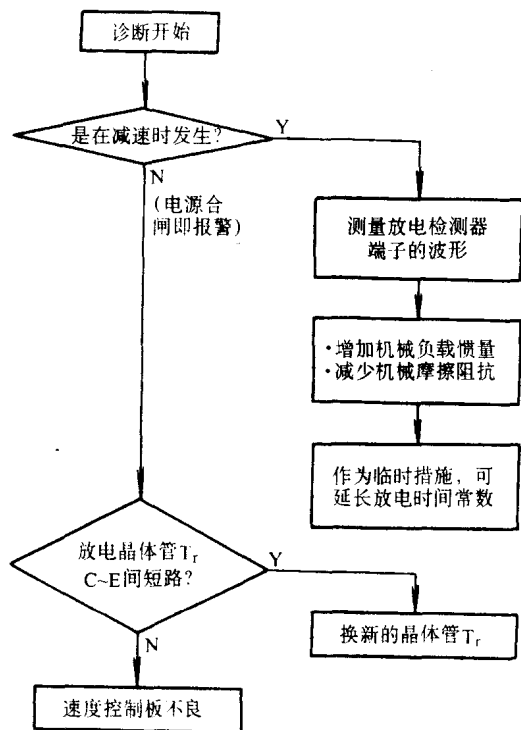


图 5-17 DCAL 报警故障排除流程图

1~2 次/秒。

(2) LV 报警 原因有：①输入交流电压过低，应检查伺服变压器抽头是否正确；②变压器和印制板的连接不好，应检查交流输入和直流电压是否正常；③+5V 熔丝烧毁；④印制电路板不良，特别是电源一接通即发生报警，多为 Q1 晶体管损坏。

(3) HC 报警 原因可能有：①电动机动力线接错；②数控系统侧的伺服板异常；③电动机线圈内部短路；④晶体模板损坏。

(4) HV 报警 可从以下检查：①交流输入电压过高，超过允许范围；②负载惯量过大，此时须增加加减速时间常数；③侧置型再生放电单元连接不对；④伺服电动机故障，可检查电动机线圈与机壳间绝缘是否不良。

(5) OH 报警 可能原因有：①印制板上 S1 设定不正确；②伺服单元过热，散热片上热动开关动作，需改变切削条件或负载；③侧置型再生放电单元过热，需改变加减速频率，减轻负荷，也有可能 Q1 不良；④电源变压器过热，需改变切削条件，减轻负荷或换变压器。⑤电柜散热器的热动开关动作，如果在室温下出现，则说明需更换热动开关。

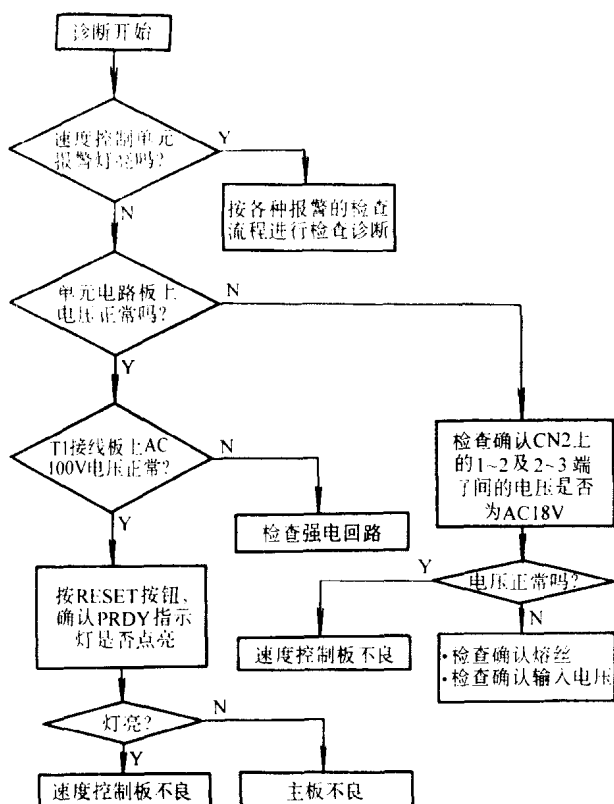


图 5-18 VRDY 不亮故障排除流程图

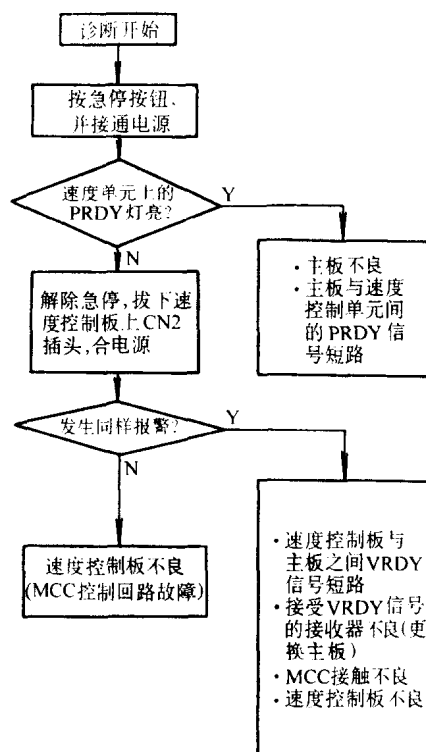


图 5-19 VRDY 常亮故障排除流程图

思考题

1. 数控系统报警显示的故障有哪些类型? 常见的软件报警显示有哪些?
2. 数控系统故障诊断应掌握哪些原则?
3. 试分析数控系统故障诊断的一般步骤。
4. 数控系统自诊断技术如何诊断故障?
5. 开关电源常见的故障有哪些? 如何检查?
6. 数控系统维修“接口信号法”的原理和特点是什么?
7. 简述“PLC 程序法”处理数控系统故障的一般步骤。
8. 试分析经济型控制系统和全功能控制系统出现“CRT 无显示”故障各自产生的原因, 并提出解决办法。
9. 伺服系统有哪些常见故障?
10. 试分析 FANUC 公司直流主轴伺服系统主轴电动机振动或噪声大故障产生的原因。

技能训练

1. 识别使用 SIEMENS 数控系统或 FANUC 数控系统的数控机床控制柜中指示灯的含义。
2. 典型数控机床伺服系统故障诊断分析与排除实训。

第六章 数控系统维修技术

数控机床配置的数控系统品牌繁多,性能和结构也不尽相同。德国西门子公司和日本 FANUC 公司是世界上主要的数控系统生产厂商,20 世纪 80 年代初,我国引进了 SINUMERIK 3 系统和 FANUC 6 系统的制造技术,目前国内数控机床用户使用的数控系统主要是这两家公司的产品。了解他们的典型数控系统的维修特点和方法,对其他类型数控系统的维修有一定的指导意义。本章介绍了数控系统现场维修要求,并通过 SINUMERIK 810/820 和 FANUC 0 两种典型数控系统介绍了各自的维修技术。

第一节 数控系统现场维修要求

一、现场维修的基本条件

(一) 必要的维修用器具

1. 测量仪器、仪表

(1) 万用表 数控设备的维修涉及弱电和强电领域,最好配备机械式和数字式万用表各一个,机械式的应必备。机械式万用表除用于测量强电回路之外,还用于判断二极管、三极管、可控硅、电解电容等元器件的好坏,测量集成电路引脚的静态电阻值。数字式万用表可用来正确测量电压、电流、电阻值,还可测量三极管的放大倍数和电容值。它还有一个蜂鸣器档,测量电路的通断,判断印制电路的走向。

(2) 逻辑测试笔和脉冲信号笔 这两种笔形仪器体积小,价格低,对以数字电路为主体的数控系统的现场故障检查十分适用、方便。一般使用 TTL 和 CMOS 逻辑电平通用型。逻辑测试笔可测试电路是处于高电平还是低电平,或是不高不低的浮空电平,判断脉冲的极性是正脉冲还是负脉冲,输出的脉冲是连续的还是单个脉冲,还可大概估计脉冲的占空比和频率范围。脉冲信号笔则可发单脉冲或连续脉冲,发正脉冲或负脉冲,它和逻辑测试笔配合使用,就能对电路的输入和输出的逻辑关系进行测试。

(3) 示波器 数控系统修理通常用频带宽度为 10~100MHz 范围内的双通道示波器。它不仅可以测量电平、脉冲上下沿、脉宽、周期、频率等参数,还可以进行两信号的相位和电平幅度的比较。常用来观察主开关电源的振荡波形,直流电源或测速发电机输出的纹波,伺服系统的超调、振荡波形;用来检查、调整纸带阅读机的光电放大器的输出波形,还可以检查 CRT 电路垂直、水平振荡和扫描波形、视放电路的视频信号等等。

(4) PLC 编程器 不少数控系统的 PLC 控制器必须使用专用的编程器才能对其进行编辑、调试、监控和检查,如 SIEMENS 的 PG710、PG750、PG685,OMRON 的 GPC01~GPC04 等等。这些编程器可以对 PLC 程序进行编辑和修改,监视输入和输出状态及定时器、移位寄存器的变化值。在运行状态下修改定时器和计数器的设置值,可强制内部输出,对定时器、计数器和移位寄存器进行置位和复位等。带有图形功能的编程器还可显示 PLC 梯形图。

(5) IC 测试仪 这类测试仪可离线快速测试集成电路的好坏,是数控系统进行元器件级维修时必要的仪器。它按测试的常用中、小规模数字芯片,大规模数字芯片和模拟芯片分类。

(6) IC 在线测试仪 这是一种使用通用微机技术的新型数字集成电路在线测试仪器。它的主要特点是能对电路板上的芯片直接进行功能、状态和外特性测试,确认其逻辑功能是否失效。它所针对的是每个器件的型号以及该型号器件应具备全部逻辑功能,而不管这个器件应用在何种电路中,因此它可以检查各种电路板,而且无需图样资料或了解其工作原理,为缺乏图样资料而使维修工作无从下手的数控维修人员提供一种有效的手段,目前在国内的应用日益广泛。

(7) 短路追踪仪 短路是电气维修中经常碰到的故障现象,使用万用表寻找短路点往往很费劲。如遇到电路中某个元器件击穿短路,由于在两条连线之间可能并接有多个元器件,用万用表测量出哪一个元器件短路比较困难。再如对于变压器绕组局部轻微短路的故障,一般万用表测量也无能为力。而采用短路故障追踪仪可以快速找出电路板上的任何短路点,如焊锡短路、总线短路、电源短路、多层线路板短路、芯片及电解电容器内部短路、非完全短路等等。

(8) 逻辑分析仪 它是专门用于测量多路数字信号的测试仪器,通常分 8、16 或 64 个通道,即可同时显示 8 个、16 个或 64 个逻辑方波信号。和显示连续波形的通用示波器不同,逻辑分析仪显示各被测点的逻辑电平,二进制编码或存储器的内容。通过仿真头它可仿真多种常用的如 INTEL 80 系列 CPU 系统,进行数据、地址、状态值的预置或跟踪检查。在维修时,逻辑分析仪可检查数字电路的逻辑关系是否正确,信号传输中是否有竞争和干扰。通过测试软件的支持,对电路板输入给定的数据,同时跟踪测试它的输出信息,显示和记录瞬间产生的错误信号,找到故障所在。

以上介绍的八种测量仪表、仪器,有些是常用的,是数控系统维修人员必备的,有些则是维修单位进行元器件级维修所要配备的。由于数控系统电路板价格昂贵,向国外购买或送修又十分不便,大的维修单位常配置这类仪器进行元器件级的修理。

2. 维修工具

维修数控设备除了必要的测量仪表、仪器之外,一些维修工具是不可缺少的,主要有以下几种:

(1) 电烙铁 它是最常用的焊接工具,焊 IC 芯片用 30W 左右的即可,常采用尖头的长寿命烙铁头,使用恒温式更好,电烙铁使用时接地线非常重要,一旦烙铁漏电可能会击穿多个芯片。

(2) 吸锡器 将多个引出脚的 IC 芯片从电路板上焊下来,常用的方法是采用吸锡器,目前有手动和电动两种。手动的吸锡器价格便宜,但在一些场合吸锡效果不好,如拆多层电路板上的芯片的接地和电源引脚时,因散热快,难以吸净焊锡,电动吸锡器带电热丝和吸气泵,使用时对准焊点,待锡熔化后按动(手动或脚踩)吸气泵将锡吸净。

(3) 螺丝刀 常用的大中小尺寸的平口的和十字口的各一套。在拆下某些数控零部件需要专用螺丝刀,如拆下 SIEMENS 伺服模块需用头部为六角形的螺丝刀。

(4) 钳类工具 常用的是平头钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳。

(5) 扳手 大小活动扳手、各种尺寸的内六角扳手。

(6) 其他 剪刀、镊子、刷子、吸尘器、清洗盘、带鲤鱼钳连线等。

3. 化学用品

松香、纯酒精、清洁触点用喷剂、润滑油等。

(二) 必要的技术资料和技术准备

维修人员应在平时认真整理和阅读有关数控系统的重要技术资料。维修工作做得好坏,排除故障的速度快慢,主要决定于维修人员对系统的熟悉程度和运用技术资料的熟练程度。下面是进行数控维修所必需的技术资料和技术准备。

1. 数控装置部分

应有数控装置安装、使用(包括编程)、操作和维修方面的技术说明书,其中包括数控装置操作面板布置及其操作,装置内各电路板的技术要点及其外部连接图,系统参数的意义及其设定方法,装置的自诊断功能和报警清单,装置接口的分配及其含义等等。通过上述资料,维修人员应掌握数控原理框图、结构布置、各电路板的作用,板上各指示发光管的意义和通过面板对系统进行各种操作,进行自诊断检测,检查和修改参数并能作出备份。能熟练地通过报警信息确定故障范围,进行系统上供维修的检测点的测试,会使用随机的系统诊断纸带对其进行诊断测试。

2. PLC 装置部分

应有 PLC 装置及其编程器的连接、编程、操作方面的技术说明书,还应包括 PLC 用户程序清单或梯形图, I/O 地址及意义清单、报警文本以及 PLC 的外部连接图。维修人员应熟悉 PLC 编程语言,能看懂用户程序或梯形图,会操作 PLC 编程器,通过编程器或数控系统操作面板(对内装式 PLC)对 PLC 进行监控,有时还需对 PLC 程序进行某些修改。还应熟练地通过 PLC 报警号,检查 PLC 有关的程序和 I/O 连接电路,确定故障的原因。

3. 伺服单元

应有进给和主轴伺服单元原理、连接、调整和维修方面的技术说明书,其中包括:伺服单元的电气原理框图和接线图,主要故障的报警显示,重要的调整点和测试点,伺服单元参数的意义和设置。维修人员应掌握伺服单元的原理,熟悉其连接,能从单元板上故障指示发光管的状态和显示屏上显示的报警号及时确定故障范围;能测试关键点的波形和状态,并作出比较;能检查和调整伺服参数,对伺服系统进行优化。

4. 机床部分

应有机床安装、使用、操作和维修方面的技术说明书,其中包括:机床的操作面板布置及其操作,机床电气原理图、布置图以及接线图,对电气维修人员来说,还需要机床的液压回路图和气动回路图。维修人员应了解机床的结构和动作,熟悉机床上电气元器件的作用和位置,会手动操作机床,编简单的加工程序并进行试运行。

5. 其他

有关元器件方面的技术资料,如数控设备所用的元器件清单,备件清单以及各种通用的元器件手册。维修人员应熟悉各种常用的元器件,一旦需要,能较快地查阅有关元器件的功能、参数及代用型号。对一些专用器件可查出其订货编号。

做好数据和程序的备份十分重要。以前多用纸带形式存放,目前多存放在软盘上。除前面所述的系统参数、PLC 程序、PLC 报警文本外,还有机床必须使用的宏指令程序、典型的零件程序、系统的功能检查程序。对于一些装有硬盘驱动器的数控系统,应有硬盘文件和

备份。维修人员应了解这些备份的内容,能对数控系统进行输入和输出的操作。

有些维修所必需的电路图往往通过对实物的测绘才能得到,如光栅尺测量头的原理图,主开关电源的原理图。这要求维修人员具有测绘能力,平时做好维修所必需的重要技术资料的准备工作。

故障维修记录是一份十分有用的技术资料。维修人员在完成故障排除之后,应认真作好记录,将故障现象、诊断、分析、排除方法一一加以记录。在排除新的故障之前应考虑这种故障以前发生过没有?当时是如何解决的?这常常给维修带来方便。

(三) 必要的备件

对于数控系统的维修,备品配件是一个必不可少的物质条件。如果维修人员手头上备有一些电路板的话,将给排除故障带来许多方便,采用换板法常可快速判断出一些疑难故障发生在哪块电路板上。然而,电路板的价格昂贵,需要付出较大的代价。数控系统备件的配备要根据实际情况,通常一些易损的电气元器件如各种规格的熔断器、保险丝、开关、电刷,还有易出故障的大功率模块和电路板等,均是应当配备的。

数控系统中所采用的半导体分立元件和集成电路芯片大多数是国际通用型号,这类元器件一般都可国内买到或找到代用品,一时购不到的通用品可通过国外一些专为维修和科研服务的器件商在国内所设的代理机构,单件或少量的引进。

在数控备件问题上,加强同类数控设备用户之间的联系和合作,在备件上相互支持,是一种花钱少,能够办到的方法。例如,一台 FANUC 6M 系统出现 CPU 和存储器板上的 021、022 号 EPROM 损坏,可在市上购两片 2716 芯片,通过 ALL-03 编程器,借用同类设备上的相应 EPROM 进行复制,则可将故障顺利地排除。

二、现场维修的阶段划分与工作步骤

(一) 阶段划分

通常将现场维修划分成三个阶段:

(1) 修前的准备 维修前的现场调查、故障信息采集、工具与备品备件的准备等。

(2) 现场维修 是维修工作全过程的主要阶段,包括对故障的检测、诊断、分析;判断系统故障原因,故障定位在板级或元器件级;更换损坏电路板或元器件;调整和试机等。

(3) 维修后的处理 修复后的处理对设备重新投入运行后的技术维护及管理十分重要。应向用户交待清楚本次故障的操作原因或基本因素,交待可能发生故障的准确信息和环节,指导定购必要的备品配件或诸如稳压电源之类的辅助配套设施,力求排除一切不稳定因素等。

对现场维修的各个阶段都要突出阶段的工作重点,以便得到现场支援和配合。

(二) 维修工作步骤

维修工作应明确工作步骤,讲究工作方法。现将步骤分别叙述如下:

1. 维修档案的建立

每一台数控机床都应有它的维修档案。维修档案包括机床的技术档案和故障档案。

(1) 技术档案 技术档案应含有下列技术资料:①操作说明书;②编程说明书;③机床配置及物理位置;④数控系统原理框图和数控装置框图;⑤部件线路原理图;⑥可供测试点的状态;⑦输入输出信号、检测元件、执行元件的物理位置及编号;⑧机床各部件间的连接图表;⑨控制系统的程序清单等。

有些数控机床并没有完整的技术资料,或根本就没有技术资料,这就需要维修人员自己动手测绘。通过测绘,也就对机床的系统及部件的原理有了了解,没有测绘能力的单位,应和有能力测绘的单位协作,尽快建立起相应的技术档案。外文资料应有较准确的中译本。所有的技术资料应登记造册,形成一个完整的技术档案。

(2) 故障档案 故障档案即故障维修记录。有了故障档案,可提高重复故障的维修速度,提高维修人员的故障分析能力。利用故障档案,可以分析机床的故障率及可维修性,分析某种故障频繁度及其原因,还有利于纠正原设计中或替代元器件的一些不足之处。由于有了故障档案,资料可以共享,因而其他的维修人员也可作参考。

故障档案的建立主要靠管理的基础工作。设备一旦出现故障,操作人员应保护好现场,配合维修人员详细记录下故障日期、时间、机床的工作方式,故障前后的现象、部位、显示器的状态,参数寄存器的状态,以及报警部位等情况。维修结束后,维修人员应记录下在故障排除过程中的故障原因分析过程,包括误判、故障排除方法、维修时间等内容。并将故障形式作出编号,建立起相应的故障档案。

2. 维修的实施

维修的目的在于找出一个或几个故障元器件,恢复电路板的正常工作状态。大量器件损坏较为少见,只有在电路板的工作电压大幅度升高的情况下才会发生。

元器件故障可分为功能故障和性能故障两类。功能故障使元器件不能完成其本身应具备的功能,如非门的输出不能随输入的变化而改变,固定输出高电平或低电平,这属于硬性故障,可在静态检查中发现。性能故障表现为元器件仍能具备一定的功能,但元器件的参数改变了而引起电路速度、电流或电压的改变,致使元器件的功能不能正确实现,如晶体管的直流放大倍数降低而不足以驱动负载,又如运算放大器温漂增大或有振荡而输出不稳,致使执行机构异常,这属于软性故障,需作动态检查才能发现。

维修故障电路板,应调出维修档案,查找是否为重复故障。若为重复故障,应分析再次故障的原因,若为新故障,能初步判断故障部位的可先行检查该部位,再扩散检查。如无法判断故障部位则只有进行全面检查。

有一点应注意的是,有些故障不是元器件本身的问题,而是外围的问题,如断线、虚焊、异物断路、插头触点不良等。

全面检查可按下述方法逐步进行:

(1) 常规检查

1) 目测 目测故障电路板,仔细检查有无保险丝烧断、元器件烧焦、烟熏、开裂现象、有无异物断路现象,以此可判断电路板有无过流、过压、短路等问题。

2) 手摸 用手摸并轻摇元器件有无松动之感,以此可检查出一些断脚、虚焊等问题。

3) 通电 首先用万用表检查各种电源之间有无断路现象,如无即可接入相应的电源,目测有无冒烟、打火等现象,手摸元器件有无异常发热现象。以此可发现一些较为明显的故障,缩小检修范围。

(2) 静态检查 所谓静态,是指非工作状态。断电时可测量元器件的一些阻值参数以判断元器件的性能好坏,通电时对半导体元器件的静态工作点进行检查,逻辑电路则加以二进制输入码,分析相应的静态输出以判断元器件的功能正确性,通过静态检查可查出一些硬性损坏。

这种检查要求维修人员具有较丰富的实际操作经验,对元器件的阻值有一定的概念。使用 IC 在线测试仪对故障的定位是比较方便、快速而有效的方法,但对于一些软故障,由于在线线路的影响,有的亦会引起误判。在测试仪不能通过时,应加以进一步地分析。

(3) 动态检查 所谓动态,是指电路板插入主机处于整机工作状态或电路板联入测试装置作时序测试状态。通过转插板或转接插头座,将被测板引出机外,以便于测试。

首先检查可供测试的测试点的状态,并和资料所提供的或在电路板正常时测试所得的状态进行比较,可以较快地缩小检查范围。没有测试点或首先检查的,应据线路原理,依照图样用逻辑笔或示波器一步一步地跟踪测试。有的需要用脉冲笔送入一些信号配合测试,有的需要从键盘输入一些测试程序。

进行动态检查时应注意切断执行机构。

(三) 维修中的注意事项

1) 从数控系统中取下某块电路板时,应记录相对应的位置和连接的电缆号。对于固定安装的电路板,还应按前后取下相应的压接部件与螺钉并作记录。拆下的压接件与螺钉应放入专门盒内,以避免丢失。装配还原时应将盒内的零部件全部用完,否则装配不算完整。

2) 电路板上大多刷有阻焊膜,因此测量时应找相应的焊点作为测试点,不要任意铲除阻焊膜。在测试焊点处用小刀片刮开绝缘层而不要刮掉其他处的绝缘层。测量线路间的阻值时,先切断电源。每测一处均应红黑笔对调一次,以阻值大的为参考值。

3) 不应随意切断印刷电路。有些维修人员具有一定的家电维修经验,习惯于断线检查。而数控系统的电路大多为双面金属孔化板或多层孔化板,印制电路细密,一旦切断将无法复原,何况有些点不是切断某一根线就能使其和线路脱离,而是要切断若干根线。因此,在十分必要断线检测中,必须弄清电路板的结构(层数)以及查清线的走向,确定切断线的数目与位置,测试后能否复原等才可断线。测试后不要忘记恢复。

4) 在无把握确定某一元件为故障元件时,不应只凭感觉而随意拆卸,以免造成更大差错。更换故障元件时,也要防止对同一焊点的长时间加热和对故障元件的硬取,拆卸元件时要用吸锡器及吸锡绳,对更换新元件的引脚要作处理。焊接时不用酸性焊油。拆卸故障元件时对电路板要作标记,尤其两极以上元件要对照核实、标记位置。

5) 查清电路板的电源配置及种类,按检测所需,采取局部供电或全部供电。应注意高压,对直接接入高压或电路板内有高压发生器时,应适当绝缘,操作时应谨慎。

6) 作好维修记录。当班不能修复时,应保护好现场。

三、维修中的元器件替代

在维修中已判断某一元器件损坏,这时如果有同样的备件将其换上,或者设备可以停机等待购买当然是最好。但如果没有同样的备件,或很难买到同样的备件,则应考虑替代的问题。另外由于生产的需要,不允许设备长时间停机,虽然有些元器件可以买到,但手头上有可以替代的元器件,也应考虑替代。因此维修人员应该熟练地掌握元器件的替代知识。

在元器件替代时,维修人员应具有熟练的识别元器件标志的知识,而在测绘中,如何识别一个元器件也是一个很重要的问题,各类元器件的标志方法,可查阅相关的元器件标准手册,此处不再详列。对目前尚未形成国际标准化系列或国内标准化系列的产品,对某些厂家为某一特定功能而设计制造的产品,只能按出厂厂家标准,查找有关资料。

进行元器件替代时应注意以下事项:

1. 电容器的替代

首先考虑标称容量及耐压,至于介质材料可以次要考虑。在振荡、定时、带通滤波等电路的电容器替代时,应严格采用同等容量的电容器替代,其余对容量要求不高的可用相近的容量替代,作为滤波电容对容量可放宽。电解电容应注意耐压及正、负极性。

2. 电阻器的替代

对线性电路要采用精密电阻,使误差范围小,与元器件精度相适应。在数字(逻辑)电路中,应注意满足额定功率,阻值范围放宽,多采用金属膜电阻器件。

3. 半导体器件的替代

事先应记下各电极的位置,拆焊时不要损坏边邻器件。取下后应再次确认其损坏与否。最好取同厂家、同系列产品替代。或通过查手册,找到原元器件的主要参数。按这些参数和以下各种条件去选购替代元器件,即做到材料相同(锗-锗、硅-硅相对应),极性相同(PNP-PNP、NPN-NPN),种类相同(三极管-三极管、场效应管-场效应管),特性相同(最大直流耗散功率 P_{CM} 应等于或大于原损坏器件的 P_{CM} ,而且应进行测量和计算原器件在电路中的实际功耗 P_c ,并保证替代件的 $P_{CM} > P_c$ 。最大允许直流电流 I_{CM} 应大于原损坏件的 I_{CM} ,而且也要实测计算实际电流 I_c ,并保证替代件的 $I_{CM} > I_c$ 。最高耐压方面,替代件的几个主要参数应大于原器件。频率特性方面,应等于或大于原器件)。

一般来讲,特性、功能、耐压及频率满足后,即可替代。但某些场合,如低噪声放大,还要考虑满足开关参数,有些还应考虑直流电流放大系数。对于大功率元器件,应考虑安装尺寸及散热器的安装问题。

若一时找不到合适的替代件,可以用满足特性要求的高频管取代低频管,用开关管取代高频管,用低放大倍数组成达林顿电路替代高放大倍数的管子等。

最后要强调一点的是,在维修中,许多元器件尽管为同一厂家所生产,甚至同一型号,而性能却相差甚远,应以元器件手册为准并配合以实际检测。

4. 集成电路的替代

替代之前要确认该集成芯片是否确实损坏,因为集成电路芯片管脚多,拆卸困难(尤其对多层板要有专用拆卸工具),人为损坏较多。数字集成电路替代比较简单,因已标准化,故只要系列、序号相同,无须考虑制造厂家,均可替代。

在TTL电路中,当工作电压为+5V时,各系列可互换,但首先要考虑速度问题,原则上以高代低。若以低代高时,应认真考虑是否能满足和适应电路的具体要求或条件。

在CMOS电路中,替代时除考虑速度外,尚有工作电压。CMOS电路中的74系列的74HCT可取代LS-TTL电路。

对模拟集成电路最好是用同一厂家、同一型号的予以替代,还要注意工作电压要求。寻找替代器件时,要按手册提供的特性参数查找同类件或类似件。

第二节 SINUMERIK 810/820 系统维修

西门子公司是生产数控系统的著名厂家,产品有SINUMERIK 3、8、810、820、850及880等系列。其中810和820、850和880在体系结构和功能上相近。SINUMERIK 810/

820 系统, 是西门子公司推出的适应普通车、铣、磨床控制的, 集 CNC 和 PLC 于一体的安全可靠的数控系统, 它可完成对刀具轨迹及外围设备的监控。810 与 820 的区别是: 810 显示器为 9in 单色, 系统电源为 24VDC, NC 键盘是复合键; 820 显示器为 12in 单色或彩色, 系统电源为 220VAC50/60Hz, NC 键盘是单键符键。其他部分均一致。

SINUMERIK810/820 分为 M、T、G 型。M 型用于镗床、铣床和加工中心; T 型用于车床; G 型用于磨床。该数控系统一般适用于小型机床。

SINUMERIK810/820 由 CPU 模块、位置控制模块、系统程序存储器模块、文字图形处理模块、接口模块、I/O 模块、CRT 显示器及操作面板组成, 是结构紧凑、经济、易于实现机电一体化的产品。

SINUMERIK810/820 主 CPU 为 80186 的通道式结构, 有主通道和辅助通道。用 RS-232C 接口进行数据传输及通信联网, 可使编程及操作简便, 运行可靠, 维修方便。操作者可利用软键在 CRT 上调用任何一种软件菜单, 输入加工程序, 还可快速模拟程序。

一、系统构成

1. 硬件结构

SINUMERIK 810/820 系统的硬件结构紧凑, 整机体积仅与一台 14in 电视机相当。图 6-1 为系统的硬件结构框图。

系统硬件主要由以下几部分组成:

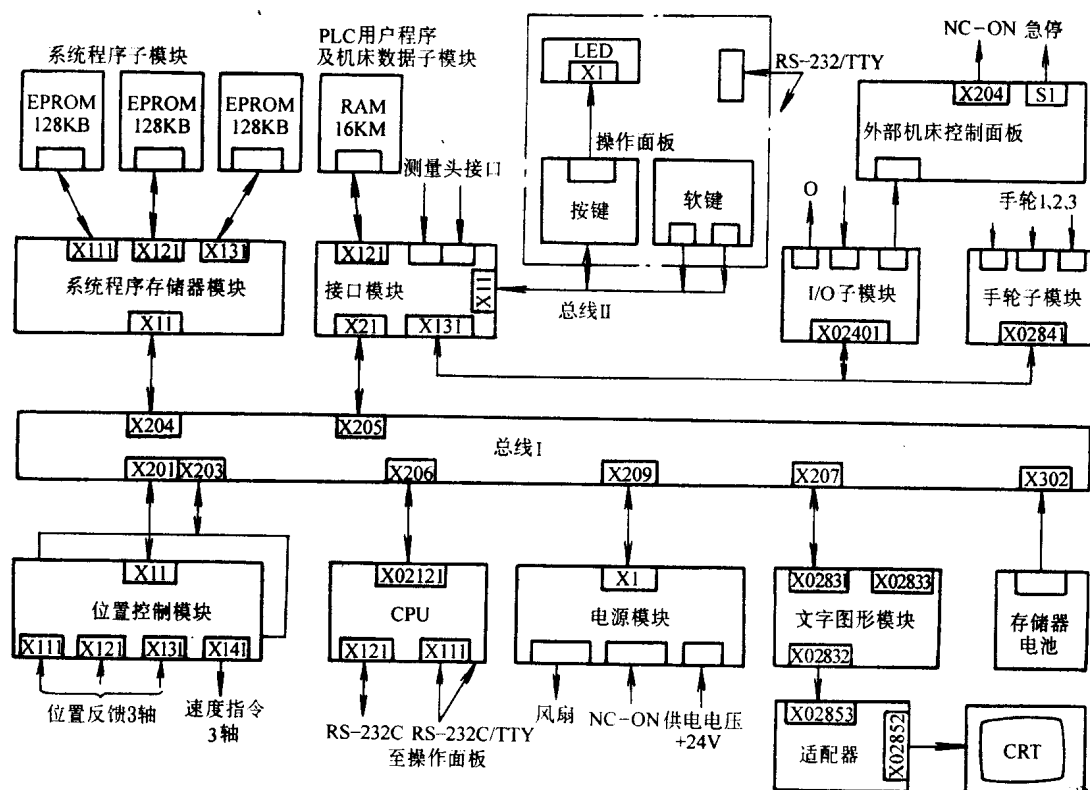


图 6-1 SINUMERIK810/820 系统硬件结构框图

(1) CPU 模块 (6FX1138) 该模块是数控系统的核心, 主要包括 CNC 与 PLC 的 CPU、实际值寄存器、工件程序存储器、引导指令输入器 (起动芯片) 及两个串行通信接口。系统只有一片中央处理器 (Intel80186), 为 CNC 与 PLC 的 CPU 所共用。

(2) 位置控制模块 (6FX1121-4BA02 或 4BB02) 又称测量模块, 该模块是数控系统对机床的进给轴与主轴实现位置反馈闭环控制的接口。它对每个控制轴的位置反馈进行拾取、监控、计数与缓冲, 通过总线送到 CPU 模块的实际值寄存器, 同时将数控系统对各轴的模拟量控制指令 ($-10 \sim +10V$) 及使能信号送到相应轴的驱动装置。数控系统要求位置反馈元件是数字式的增量位移传感器, 如光栅、光脉冲编码器等, 其中 4BB02 具有内装的脉冲整形插值器 (EXE)。

(3) 系统程序存储器模块 (6FX1128) 该模块的主要功能是插接系统程序存储器子模块 (EPROM), 同时还可带 32K 静态 RAM 存储器, 作为零件加工程序存储器的扩展, 扩展容量相当于 80m 穿孔带。

(4) 接口模块 (6FX1121) 该模块通过 I/O 总线与输入/输出子模块 (6FX1124) 及手轮控制子模块 (6FX1126), 实现与系统操作面板和机床操作面板的接口。另外还可以连接两个快速测量头 (用于工件和刀具的检测) 及插接用户数据存储器 (带电池的 16K RAM 存储器子模块)。

(5) 文字、图形处理器模块 (6FX1151) 该模块的主要功能是进行文字和图形的处理, 输出高分辨率的隔行扫描信号给显示器的适配单元。

(6) 电源模块 (6EV3055) 该模块包括电源起动逻辑控制、输入滤波、开关式稳压电源 (24V/5V) 及风扇监控等。

2. 内装型可编程控制器 (PLC)

系统带有一个内装型的可编程控制器, 用于实现与机床的接口和电气控制。PLC 的等级和允许的指令范围与 SIMATIC S5-101U 可编程控制器相当, 编程语言为 STEP 5。PLC 与 CNC 间的信号传递如图 6-2 所示。图 6-2 中, VDI 信号是 CNC 将其信号状态通过接口输入给 PLC, 再由 PLC 程序进行处理, 其中包括程序运行、CNC 报警以及辅助状态信号等。PLC 的用户程序可以编为两个程序块: PBI 与 PB2 (或 FBI 与 FB2), 其中 PBI (FBI) 是循环处理程序, 用于实现数控系统和机床间的信号交换、辅助功能输出和机床的电气控制。数控系统起动后, PLC 周而复始地扫描执行这个程序块, 并在每次扫描结束时, 向 CNC 和机床侧输出执行结果。PB2 (FB2) 是以中断控制方式处理的程序块, 一般用于处理某种特定功能, 块的长度有限制。合理、巧妙地编制这两个程序块可以充分利用 PLC 功能, 从而使机床控制线路大为简化, 同时提高系统的可靠性。

PLC 与机床的接口通过输入/输出子模块来实现, 最多可以有 128 点输入 (24V 直流), 64 点输出 (其中 48 点为 +24V 直流、400mA 有过载保护, 另外 16 点为 +24V 直流、100mA 无过载保护)。

3. 软件组成

SINUMERIK 810/820 数控系统与机床配置并投入使用后, 拥有的软件和数据如表 6-1 所示。

二、SINUMERIK 810/820 系统维修特点

数控系统维修的一般方法同样适用于 SINUMERIK 810/820 系统, 然而这个系统在维

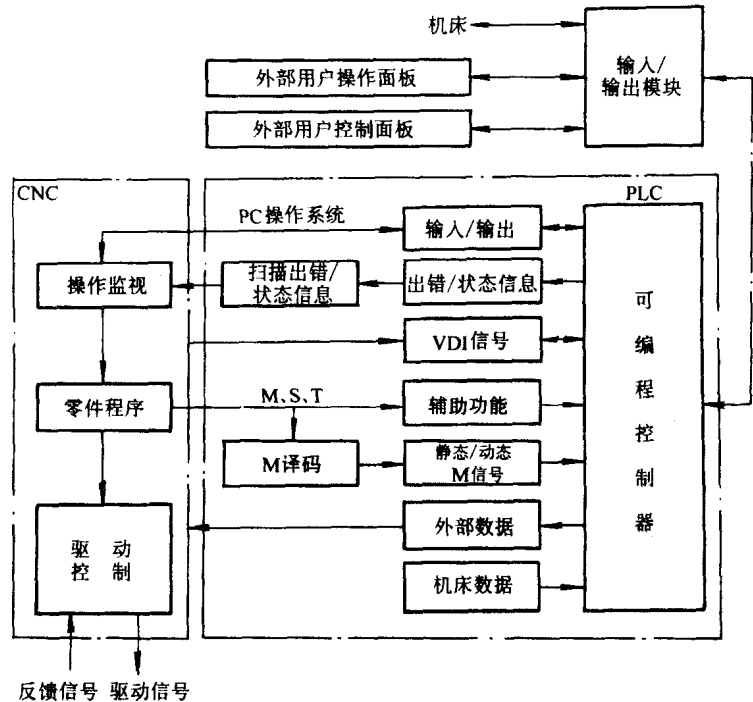


图 6-2 PLC 与 CNC 之间的信号传递

表 6-1 SINUMERIK 810/820 系统的软件和数据

分类	名称	传输识别符	简要说明	所在的存储器	编制者
I	起动芯片	—	起动基本系统程序，引导控制系统建立工作状态	CPU 模块上的 E-PROM	西门子公司
	基本系统程序	—	NC 与 PLC 的基本系统程序，NC 的基本功能和选择功能、显示语种	存储器模块上的 EPROM 子模块	
	加工循环	—	用于实现某些特定加工功能的子程序软件包		
	测量循环	—	用于配接快速测量头的测量子程序软件包，是选购件	占有一定容量的工件程序存储器	
II	NC 机床数据	%TEAI	数控系统与机床适配所需设置的各方面数据	16KB RAM 数据存储器子模块	系统的使用设计者
	PLC 机床数据	%TEA2	系统 PLC 在使用中需要设置的数据		
	PLC 用户程序	%PCP	用 STEP5 语言编制的 PLC 循环、中断报警控制程序块，处理数控系统与机床的接口和电气控制		
	报警文本	%PCA	结合 PLC 用户程序设计的 PLC 报警 (N6000 ~ N6031) 和 PLC 操作提示 (N7000 ~ N7031) 的显示文本		
	系统设定数据	%SEA	进给轴的工作区域范围、主轴限速、串行接口的参数设定等		

(续)

分类	名称	传输识别符	简要说明	所在的存储器	编制者
Ⅲ	加工主程序	%M=F	工件加工主程序%0~%9999	工件程序存储器	机床用户的 编程人员
	加工子程序	%SPF	工件加工子程序 L1~L999		
	刀补参数	%TOA	刀具补偿参数 (含刀具几何值和刀具磨损值)		
	零点偏置	%ZOA	可设定零偏 G54~G57; 可编程零偏 G58、G59 及外部零偏 (由 PLC 传送)		
	R 参数	%RPA	R 参数有子通道 R 参数 (R00~R499) 和通道共用的中央 R 参数 (R900~R999)	16KB RAM 数据存储器子模块	

修中的以下特点应予以注意。

(1) 硬件的维修特点 810/820 系统硬件的特点是模块少, 整体结构简单, 对用户而言无需调整, 也无可调整。这主要是硬件软化, 采用大规模集成电路和专用集成电路的结果, 因此, 其硬件故障率很低。然而一旦出现系统自身的硬件故障, 往往又是在使用现场难以处理的。因为对模块的检测与维修, 需要对硬件和基本系统软件进行相当全面、深入的分析, 并且必须具备一定的测试设备、工装和相应的器件才有可能。对于现场维修, 比较现实的要求是能够根据模块的功能和故障现象, 判断查找出发生故障的模块, 以事先准备好的备件替换。然后根据情况, 决定是否需要重新加载数据和进行初始化调整, 使系统恢复正常工作。有故障的模块可以返修。

(2) 应充分重视软件及数据的保护 系统中 PLC 用户程序、报警文本、NC 与 PC 机床数据、系统调定数据等软件和数据, 是机床制造厂或改装设计者编制并经过一系列的调整、优化得到的, 是组成每台具体的机床数控系统的关键所在, 它们存储于用电池保持的 RAM 存储器子模块中, 清除和修改都很容易, 一旦这些内容被改乱或丢失, 整台机床就不能正常工作, 甚至瘫痪。因此, 这类软件和数据保护问题就很突出。可以采取下述措施来保护这些软件和数据:

1) 将这些软件和数据通过编程仪存储于磁盘中或者穿成纸带备用, 同时最好还能打印出文字硬拷贝, 以便丢失时能及时通过设备或手动输入。这点应当在机床验收时就严格把关, 责成机床制造厂家和改装设计者予以提供;

2) 这些软件和数据容易清除与修改, 给调整带来很大方便。但如果管理不善, 也会带来灾难。特别是系统的初始化调整状态, 错误的操作可能删除不该清除的内容或加载上不该加载的内容, 造成机床的全面瘫痪。因此, 应当制定严格的制度, 防止无关人员摆弄数控系统。机床的操作人员、编程人员和维修人员, 也应明确各自的职责范围。修改机床数据, 进行初始化调整这类工作只能由维修人员执行和掌握, 以避免其他人员的误操作造成这类事故。

(3) 软件版本问题 该系统已经发展出多种机型, 各种机型的软件版本自成体系。早期版本的软件存在一些缺陷, 使用中如果操作不当, 容易引起一些故障。这时可以通过初始化

调整,重新建立正常的工作状态。06版的软件已相当完善,一般不会再发生这类问题。不同版本的软件对启动芯片有特定的要求,机床数据的定义、调整方法,甚至工作状态和显示画面的配置也有差异。因此,维修人员应对系统的软件版本心中有数,在需要请专业维修人员处理故障时,不仅应讲明故障现象,也应告知系统的软件版本,以便做相应的处理准备。

另外,不同版本、不同机型、不同种类(指车床、铣床等)的软件芯片不能混合使用。监控功能会识别这些错误,阻止系统启动。

(4) 调整数据化的特点 调整数据化是这个系统的又一个突出特点。将系统适配于一台机床,需要处理系统与机床的电气控制部分、位置控制部分(轴驱动单元与位置反馈回路)以及数据传输设备三个方面的接口,实现这些接口,其中大部分的设计和调试工作是编制、设置和优化有关的软件和数据。这个特点也会反映到机床的维修工作中,因为尽管机床已经过出厂调整和现场的投入使用调整,但由于试加工的局限性,加工要求或者控制要求的改变,甚至环境条件的改变,都会提出一些新的调整要求,需要在维修中加以解决。因此,维修人员应当对系统的使用设计者编制的这些软件和数据有相当的了解,这包括:

1) 机床数据 机床数据是将系统适配于具体的机床所需设置的各方面有关数据。其中:

① MD1~MD156 是系统的通用数据,机床交付使用后,这部分数据一般不需再做调整;

② MD200*~MD396* (* = 轴号,可为0、1、2、3,分别表示4个进给轴)为进给轴专用数据。其中各轴的漂移补偿、传动间隙补偿、复合增益、KV系数(位控环增益)、加速度、夹紧容差、与轮廓监控有关的数据及各种速度值等,在维修中都有可能需要调整。有时需要一边进行数据修改,一边用动态记录仪或存储示波器检查有关的给定和响应,以达到要求的轴特性;

③ MD4000~MD4590 为主轴专用数据。通过这些数据可以对主轴不同传动级的各种特性分别加以调整,但往往也需要借助上述仪器;

④ MD5000~MD5050 为系统的通用数据位。主要是系统的一些操作和控制功能的选择生效。在使用中,可以根据需要作一些改变;

⑤ MD5200~MD5210 是主轴的专用数据位;

⑥ MD540*~MD558* (* = 通道号,可以是1、2)为通道专用数据位,机床交付使用后,一般不需再作调整;

⑦ MD560*~MD570* (* = 轴号,同前)为进给轴专用数据位;

⑧ MD6000~MD6249 为丝杠螺距误差补偿数据。订购这个选择功能后,可通过这些数据最多定义1000个补偿点并分配给各进给轴(需与有关轴的专用数据配合使用)。进行这项补偿,需要用激光干涉仪之类的精密测量仪器,测绘出丝杠螺距误差曲线。

由于机床数据涉及内容广泛,数量很大,因此在对它们进行修改与优化时,必须弄清被修改数据的确切含义、取值范围和设定方法,并及时做出相应的修改记录,以免多次修改后发生混乱。

2) PLC 用户软件 PLC 用户软件包括 PLC 机床数据、PLC 用户程序和 PLC 报警文本。这三者之间有密切的关系,PLC 机床数据和 PLC 报警文本都是按照 PLC 用户程序的要求设定和编制的。机床交付使用后,一般不再需要对它们进行修改,除非提出新的接口或控制要求。但是,维修人员应读懂机床的 PLC 用户软件,否则就无法通过接口检查找出机床电气控制部分的故障。因为机床的电气控制逻辑关系,主要是在 PLC 用户程序中编定的。

通过操作选择“诊断”(按“DIAGNOSIS”软键),可以实时读出 PLC 的全部输入字(1B)、输出字(QB)、标志字(FB)、计时器(T)和计数器(C)的信号状态,这可以用来做接口诊断。如要更深入、更加得心应手地处理与 PLC 有关的问题,则应借助于西门子某些型号的可编程控制器编程仪,它们不但可以用来编辑、传输、读出上述 PLC 用户软件,而且可以对 PLC 进行在线诊断和状态控制,诸如读出中断堆栈、信号状态,进行变量控制以及启、停 PLC 等,给查找和处理 PLC 有关的故障提供了极大的方便。

三、SINUMERIK 810/820 系统的自诊断功能及报警处理方法

SINUMERIK 810/820 系统设有很强的自诊断功能,实时监控各部分的工作,能及时识别出 NC、PLC 和机床中的故障,从而避免工件、刀具或机床的事故。监控范围广泛,包括以下各方面:

①读入;②格式;③微处理器;④串行接口;⑤电压;⑥温度;⑦释放信号;⑧位置反馈回路及位置传感器;⑨NC 与 PLC 之间的数据传送;⑩加工的外形轮廓;⑪系统程序存储器;⑫机床数据存储器;⑬用户程序存储器;⑭主轴功能。

(1) CPU 监控 CPU 模块上的红色发光二极管(LED)指示控制系统的状态。正常情况下,按下系统启动按钮的最初 6~7s 内,这个 LED 频繁闪亮,然后熄灭,这时系统启动完成。而如果这个 LED 常亮,则系统不能被启动,CRT 也往往没有显示,这时可从以下几方面着手查找故障原因;①CPU 模块硬件故障;②模块中有跨接棒错接;③EPROM 存储器故障;④总线板损坏;⑤机床数据错误;⑥启动芯片用错或损坏。

而如果在运行中这个 LED 亮了,则表明:①模块中出现硬件故障;②CPU 循环工作出错。

(2) EPROM 存储器的自诊断 基本系统软件全部存储于 EPROM 存储器中,它们正确无误是系统正常工作的基本前提。因此,每次启动和 CPU 循环工作中,系统都会自动对这些存储器的内容进行总和检查,一旦发现实际总和与额定总和不符,立即显示文字报警,并指出出错的芯片片号。值得注意的是,EPROM 存储器真正损坏的情况并不多见,比较多的情况是:①存储器模块或其上面的 EPROM 芯片插接不良、插错位置;②不同版本、不同型号、不同种类的软件芯片混用。这类情况,只要纠正并重新启动系统,故障即可排除。而若 EPROM 损坏,则应以备用件代换。

(3) 一些报警的处理方法 大部分监控的故障识别结果是以报警显示的方式给出的,对于各个具体的故障,系统有固定的报警号和文字显示给予提示。系统会根据故障情况决定是否撤消 NC 准备好信号,或者封锁循环启动。对于运行中出现的故障,必要时,系统会自动停止加工过程,等待处理。下面对其中一部分含义比较广泛的报警,举例性地提供一些故障可能原因及处理方法,供维修时参考。

1) 1~15 号报警 指示系统自身的一些故障,提示的含义很明确,但其中一些报警的处理方法需要加以注意。

1 号报警 反映工件存储器的电源即将用完。这个电池在 CRT 显示单元的背面,替换这个电池必须在系统通电的情况下进行,否则存储内容会丢失;

6 号报警 指示的是数据存储器子模块电池用尽。替换时,应以新的子模块替换旧的子模块。必须在系统断电的情况下拔出该子模块,否则会引起系统故障。子模块掉换后,需重新加载其存储内容。

3号报警 表明 PLC 处于停止状态。此时由于接口已被封锁, 机床不能工作。遇到这种情况, 一般应用 PLC 的编程仪读出中断堆栈, 即可查明故障原因。但是用户一般无此条件。对于偶然出现的这种故障, 也可以采用初始化的方法重新启动 PLC, 使机床恢复工作。但如果故障频繁出现, 则说明 PLC 的使用设计存在缺陷, 应请专职维修人员进行处理。

上述报警应在故障排除后, 用电源复位或关机重新启动的方法恢复系统运行。

2) 16~48号报警 为系统的 RS-232C 接口的报警。本系统有两个 RS-232C 接口, 可以通过正确地设置, 设定数据位 MD5010~MD5028 与不同传输设备的 RS-232C 接口配接, 进行数据传输。是否能够成功地实现数据传输, 取决于电缆连接、系统和传输设备的状态、数据格式、传输识别符以及传输波特率是否正确。此类报警就是从这些方面对数据传输过程进行监控, 及时提示用户处理接口故障, 保证传输能够顺利进行。

例如: 22号报警“时间监控生效”, 表示系统在 60s 内没有输出或收到传输字符, 也就是说传输接口不通。这时一般应检查外部设备的状态或设定是否正确, 电缆是否用错或接错等。而 28号报警“环形存储器溢出”, 则表明系统不能及时处理传输时读入的字符, 即: 传输速度太快。应考虑降低系统与外设双方的传输波特率。

这类报警在消除原因以后, 用传输操作中的“STOP”软键清除。

3) 进给轴专用报警 100*~196* (其中* = 轴号, 为 0、1、2、3) 这类报警反映机床的位置控制闭环中各个环节可能出现的故障, 是实际使用当中比较容易出现的一类报警。其中:

104*报警 到达数模转换极限。表明: 该轴此时要求处理的数字指令值, 已高于机床数据 MD268* 中规定的数/模转换极限值, 系统无法对这样的数字指令值实现模拟转换。可采取的措施: 降低速度运行; 检查位置反馈传感器是否出问题; 检查 MD268* 设定是否正确; 检查相应轴的伺服驱动单元是否出故障等。

116*报警 轮廓监控。表明: 轴运行速度在高于机床数据 MD336* 规定的轮廓监控门槛速度后, 超过了 MD332* 规定的容差带; 或者在加速度制动时, 相应轴不能在规定时间内达到要求的速度, 一般是 KV 系数设置不当。可采取的措施: 适当加大 MD332* 规定的容差带; 调整 KV 系数 (MD252*), 检查相应轴伺服系统转速调节器的响应特性, 必要时重新做最佳化。

132*报警 位置反馈回路硬件故障。表明: 检测到的位置反馈信号相位错误、接地短路或完全没有信号。可采取的措施: 检查测量回路电缆是否断路、脱落; 通过插上特制的测量回路短路插头, 判断位置控制模块相应轴的部分是否有故障; 用示波器测量位置反馈信号的相位, 判断电缆与位置传感器是否出问题。

168*报警 对运行中的进给轴拒发调节器释放信号。各进给轴的调节器释放信号来自 PLC 用户程序, 因此应当根据程序规定的逻辑关系, 检查各有关的接口信号状态, 查明原因后, 即可得出解决方法。

从上述可见, 处理进给轴方面的故障要涉及到多方面的检查内容, 因此, 维修人员不但应了解系统, 也要对机床的其他部分如测量元件、伺服调节器、外部接口等有相当的了解。

4) 2000~2999号报警 一般是在运行程序时出现。包括: 指示机床的现实的一些状态故障; 提示没有为系统订购程编中要求的功能; 而更多的是指出程序编制中的错误。对于后者, 报警不仅指明出现了何种故障, 而且指出出错的程序段, 因此给处理带来很大方便。

上述 3)、4) 两类报警在排除故障后, 用机床控制面板上的复位键消除。

5) 3000~3050 号报警 指示的内容和方式与第 4) 类相似, 不同之处是, 这类报警在程序编辑的模拟功能中即可指出错误, 而不必等到程序运行的时候。主要是给编辑的操作人员提供一个对程序进行运行前检查的手段, 对安全操作和节约程序调试时间有很大帮助。

这类报警在排除原因后用报警应答键消除。

6) 6000~6031 号报警 这些报警不是系统本身设置的, 而是机床电气控制设计者在编制 PLC 程序时结合程编的逻辑关系, 提取出一些能够反映机床的接口及电气控制方面的故障的信息, 赋予特定的一部分标志位获得的。工作中, 如果机床处于这些状态即可触发相应的报警, 显示的文字内容由报警文本 (%PCA) 决定。因此, 处理这类故障, 可以按设计者提供的详细说明进行有关检查。如没有说明, 则只能根据显示内容或根据 PLC 用户程序中的有关部分进行分析, 按给定的逻辑关系查找故障原因。

这类报警在排除原因后, 用报警应答键消除。

7) 6032~6039 号报警 是系统为 PLC 设置的报警, 主要是给 PLC 的使用设计者的提示, 在机床使用中一般不会出现。

8) 7000~7031 号报警 不反映故障, 而是机床电气控制设计者, 从他所编制的 PLC 程序中提取一些能够提示机床操作者进行某种操作的信息, 赋予特定标志位取得的。显示的文字内容也由 %PCA 文件设定, 称为操作提示文本。提示的详细说明和操作方法应以设计者提供的说明为准。

这类报警不需清除, 当相应状态消失、特定的标志复位后, 报警显示会自行消除。

以上所述 SINUMERIK 810/820 系统故障诊断方法, 其思路和手段同样适用于西门子数控系统的其他系列, 如 840、850 和 880 等, 虽然它们之间的硬件、软件结构有所不同, 但基本内容是一致的。

第三节 FANUC 0 系统维修

日本 FANUC 公司是专门从事生产数控装置和工业机器人的著名厂家。该公司自 20 世纪 70 年代中期和西门子公司合作开发出 FANUC 5、FANUC 7 系统以后, 所生产的系统都是 CNC 系统。从这个时候起, FANUC 公司就逐步发展成为世界上最大的专业数控系统生产厂家, 已开发出 40 多种系列的数控系统, 产品日新月异年年翻新。FANUC 公司的数控系统已大量进入中国市场, 在中国 CNC 市场上处于举足轻重的地位。

FANUC 0 是目前在中国市场上销售量最大的一种系统, 它是一种采用高速 32 位微处理器的高性能的 CNC。结构上采用传统的结构方式, 即在主板上插有存储器板、I/O 板、轴控制模块以及电源单元。只是其主板较其他系列的主板要小得很多, 因此, 在结构上显得非常紧凑, 体积很小, FANUC 公司自称它是世界上最小的系统。FANUC 0 系列共有 MA、TA、MC、TC、MD、TD 等多种规格。其中 MD 和 TD 是在 MA 及 TA 的基础上简化而成的, 所以也称为简易型数控系统。由于它们价格较低, 在国内被大量用于数控车床及数控铣床。

一、FANUC 0 系统的性能特点

FANUC 0 系统具有下述特点:

1) 本系统是一种小型高精度、高性能的软件固定型 CNC。控制电路中采用了高速微处理器、专用 LSI (大规模集成电路)、半导体存储器等, 这不仅提高了系统可靠性, 还提高了系统的性能价格比;

2) 为了便于系统的维修, 内部具备多种自诊断功能;

a. 微处理器不断地监视系统内部的工作状态, 并能分类显示 CNC 内部状态。一旦发生故障, 报警指示灯立即发亮, 并使 CNC 停止工作, 同时在 CRT 上可分类显示出故障详细内容;

b. 在 CRT 上可显示出从 CNC 输出或向 CNC 输入的接通、关断信号;

c. 通过 MDI 可以“位”为单位接通、关断从 CNC 输出的接通、关断信号。

3) 可用 CRT 显示检查数控系统的快速进给速度、加/减速时间常数等参数设定值;

4) 由于采用了高速微处理器的数字式交流伺服系统, 无漂流影响, 实现了高速、高精度的控制。

二、FANUC 0 系统的基本配置

FANUC 0 系统由控制单元, 主轴和进给伺服单元以及相应的主轴电动机和进给电动机, CRT 显示器, 系统操作面板, 机床操作面板, 附加的 I/O 接口板 (B2), 电池盒, 手摇脉冲发生器等部件组成。下面对它的主要部件的基本配置作简要说明。

1. 控制单元的基本配置

图 6-3 是 FANUC 0 系统结构示意图。它包括主印制电路板 (PCB), 控制

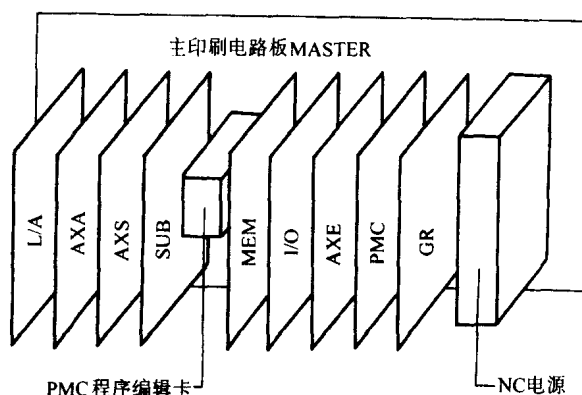


图 6-3 FANUC 0 系统结构示意图

单元电源, 图形显示板, 可编程机床控制器 (PMC-M) 板, 基本轴控制板, I/O 接口板, 存储器板, 子 CPU 板, 扩展的轴控制板和 DNC 控制板等。上述各部件的代号和功能如表 6-2 所示。

表 6-2 控制单元各部件的功能说明

代号	名 称	基 本 功 能
M-CPU	主板	连接各功能板, 故障报警等
A/A1/B2	电源	提供 +5V, +15V, -15V, +24V, +24E 电源
GR	图形板	提供图形显示功能, 第二、第三手摇脉冲发生器接口等
PMC-M	PC 板	PMC-M 型可编程机床控制器, 提供扩展的输入/输出板 (B2) 的接口
AXE	基本轴控制板	提供 X、Y、Z 和第 4 轴的进给指令, 接收从 X、Y、Z 和第 4 轴位置编码器反馈的位置信号
I/O C5, C6, C7	输入/输出接口	通过插座 M1, M18 和 M20 提供输入点, 通过插座 M2, M19 和 M20 提供输出点, 为 PMC 提供输入/输出信号
MEM	存储器板	接收系统操作面板的键盘输入信号, 提供串行数据传送接口和纸带读入接口, 第一手摇脉冲器接口, 主轴模拟量和位置编码器接口, 存储系统参数, 刀具参数和零件加工程序等

(续)

代号	名称	基本功能
SUB	子 CPU	管理第 5, 6, 7, 8 轴的数据分配, 提供 RS-232C 和 RS-422 串行数据接口等
AXS	扩展轴控制板	提供第 5, 6 轴的进给指令, 接收从第 5, 6 轴位置编码器反馈的位置信号
AXA	扩展轴控制板	提供第 7, 8 轴的进给指令, 接收从第 7, 8 轴位置编码器反馈的位置信号
I/OB2	扩展的输入/输出接口	通过插座 M61, M78 和 M80 提供输入点, 通过插座 M62、M79 和 M80 提供输出点, 为 PMC 提供输入/输出信号
DNC2	通信板	提供数据通信接口

图 6-4 和图 6-5 分别为控制单元内部电缆连接图和伺服系统电缆连接图。正确的连接是机床正常工作的基本保证, 如果在维修过程中插拔过上述电缆插头, 注意必须按图恢复原状。

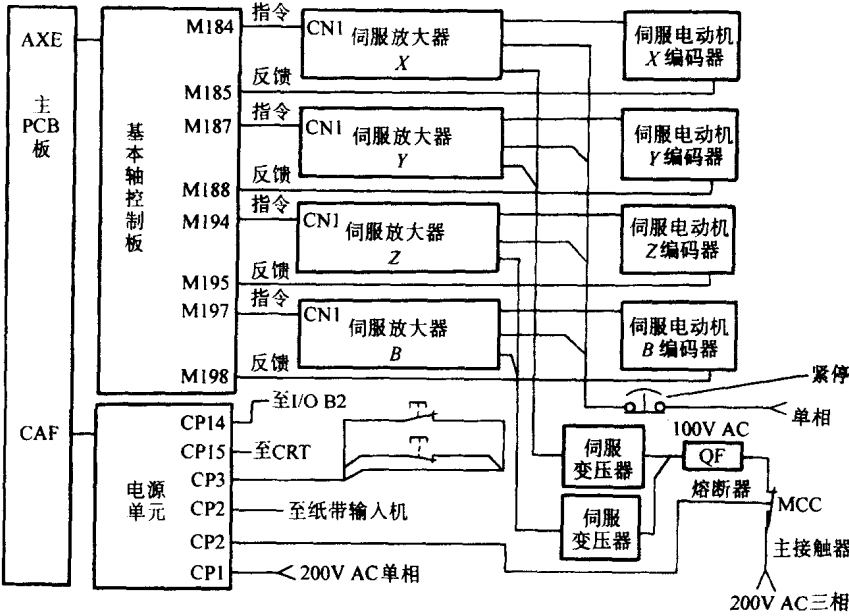


图 6-4 控制单元内部电缆连接图

2. S 系列进给伺服系统的基本配置

FANUC 0 系统配用 S 系列交流伺服电动机。常用的 S 系列交流伺服放大器的电源电压为 200/230V, 分一轴型、二轴型和三轴型三种。AC200/230V 电源由专用的伺服变压器供给, AC100V 制动电源由 NC 电源变压器供给。

图 6-6 为三轴型进给伺服单元的基本配置和连接方法。图 6-6 中电缆 K1 为 NC 到伺服单元的指令电缆, K2S 为脉冲编码器的位置反馈电缆, K3 为 AC230/200V 电源输入线, K4 为伺服单元输出到伺服电动机的动力线电缆, K5 为输入到伺服单元的 AC100V 制动电源电缆, K6 为伺服单元到放电单元的电, K7 为伺服单元到放电单元和伺服变压器的温度接点电缆。图 6-6 中的 QF 和 MCC 分别为伺服单元的电源输入断路器和主接触器, 用于控制

伺服单元电源的通和断。

伺服单元的接线端 T2-4 和 T2-5 之间有一个短路片，如果使用外接型放电单元，则应将它取下，并将伺服单元印制电路板上的短路棒 S2 设置到 H 位置，反之则设置到 L 位置。伺服单元的接线端 T4-1 和 T4-2，为放电单元和伺服变压器的温度接点串联后的输入点，上述两个接点断开时将产生过热报警。如果使用这对接点，应将伺服单元印制电路板上的短路棒 S1 设置到 L 位置。

插座 CN1L、CN1M、CN1N，可分别用电缆 K1 和数控系统的轴控制板上的指令信号插座相连，而伺服单元中的动力线端子 T1-5L、6L、7L 和 T1-5M、6M、7M 以及 T1-5N、6N、7N

则应分别接到相应的伺服电动机，从伺服电动机的脉冲编码器返回的电缆，也应一一对应地接到数控系统的轴控制板上的反馈信号插座。

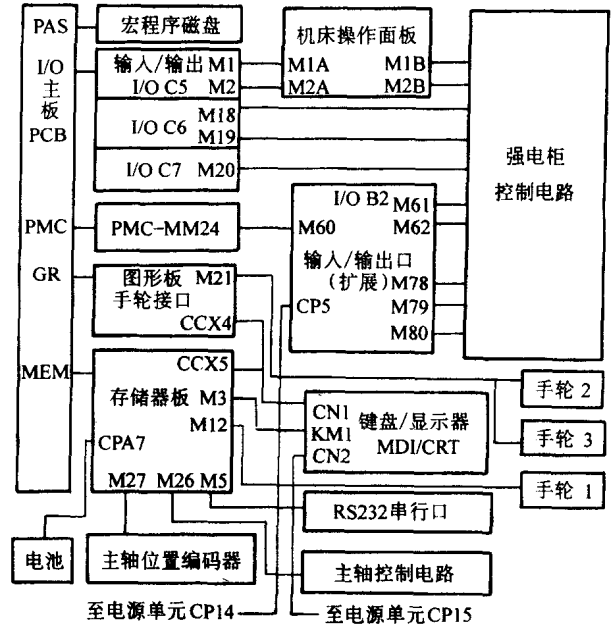


图 6-5 伺服系统电缆连接图

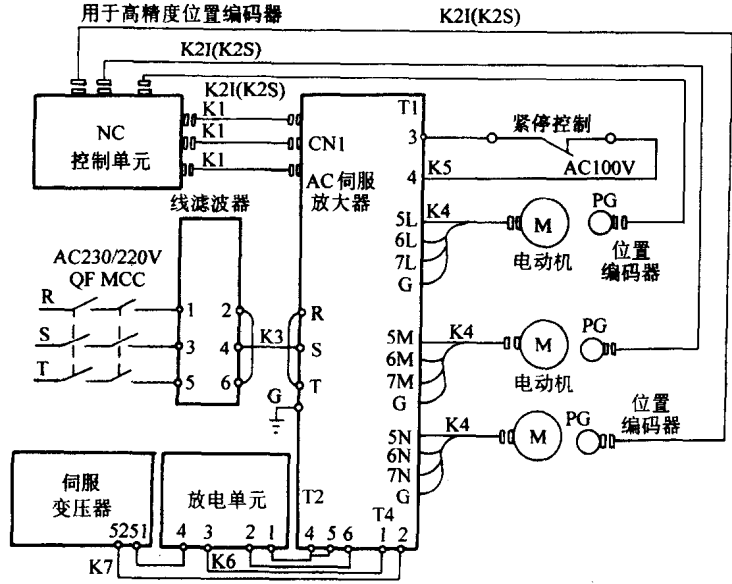


图 6-6 S 系列进给伺服系统的连接方法（三轴型）

3. S 系列主轴伺服系统的基本配置

图 6-7 是 S 系列主轴伺服系统的连接方法，其中 K1 为从伺服变压器副边输出的 AC200V 三相电源电缆，应接到主轴伺服单元的 R、S、T 和 G 端。K2 为从主轴伺服单元的 U、V、W、和 G 端输出到主轴电动机的动力线，应与接线盒内的指示相符。K3 为主轴伺服

单元的端子 T1 上的 R0, S0 和 T0 输出到主轴风扇电动机的动力线, 应使风扇向外排风。K4 为主轴电动机的编码器反馈电缆, 其中 PA、PB、RA 和 RB 用作速度反馈信号, OH1 和 OH2 为电动机温度接点, SS 为屏蔽线。K5 为从 NC 和 PMC 输出到主轴伺服单元的控制信号电缆, 接到主轴伺服单元的 50 芯插座 CN1, 其中的信号含义如表 6-3 所列。K6 为从主轴伺服单元的 20 芯插座 CN3 输出的主轴故障识别信号, 该组信号由 AL8、AL4、AL2 和 AL1 以及公共线 COM 组成, 由它们产生的 16 种二进制状态表示相应的故障类型, 这些信号进入 PMC 的输入点后, 由相应的程序译码显示在 CRT 显示器上。

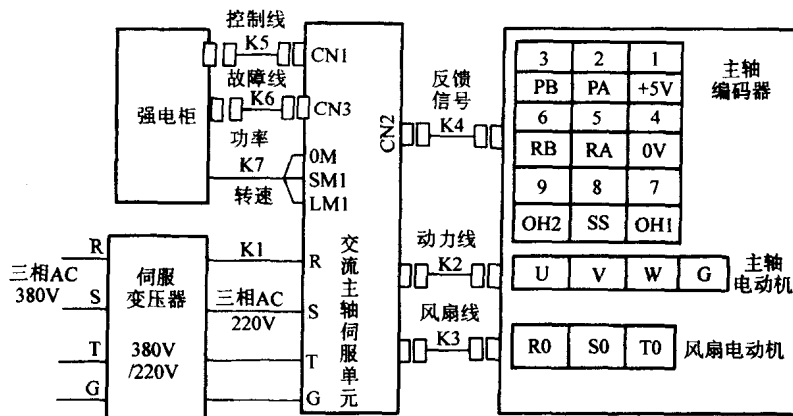


图 6-7 S 系列主轴伺服系统的连接方法

表 6-3 主轴控制信号

芯号	信号	功能	芯号	信号	功能
1, 2	SAR1, 2	主轴速度到达信号 (输出)	21	TLMH	主轴扭矩限制信号 (大转矩) (输入)
3, 4	SST1, 2	主轴零速信号 (输出)	22, 23	ORAR1, 2	主轴定向完成信号 (输出)
5	TLML	主轴扭矩限制信号 (小转矩) (输入)	24	CTM	主轴中速挡信号 (输入)
6	OT	TLML, TLMH 信号地线 (0V)	25, 26	ORCM1, 2	主轴定向命令信号 (输入)
7, 8	MRDY1, 2	主轴运行准备信号 (输入)	27, 28	OVR1, 2	主轴速度连续修调命令信号 (输入)
9, 10	TLM5, 6	主轴扭矩限制信号 (输出)	29	+15V	
11, 12	ALM1, 2	主轴故障 (输出)	30, 31	DA2, E	主轴速度命令 (模拟电压) (输入)
13	OR	主轴故障报警公共线	45	SFR	主轴正转命令 (输入)
14	OS	主轴速度连续修调, 正/反转信号地线 (0V)	46	SRV	主轴反转命令 (输入)
15, 16	STD1, 2	主轴速度检测信号 (输出)	47, 48	ESP1, 2	主轴紧急停机命令 (输入)
17	CTH	主轴高速挡信号 (输入)	49	LM1	主轴功率表信号 (输出)
18	OM	主轴功率/转速表地线	50	SM1	主轴转速表信号 (输出)
19, 20	ARST1, 2	主轴报警复位信号 (输入)			

最新的 FANUC 系统，配用 α 系列交流伺服电动机，主轴和进给伺服系统的结构有了很大的变化，其主要特点是：

- 1) 主轴伺服单元和进给伺服单元由一个电源模块统一供电；
- 2) 紧停控制信号接到电源模块的 +24V 和 ESP 端子后，再由其相应的输出端接到主轴和进给伺服放大器模块，同时控制紧停状态；
- 3) 从 NC 发出的主轴控制信号和返回信号，经光缆传送到主轴伺服放大器模块；
- 4) 控制电源模块的输入电源的主接触器 MCC 安装在模块外部。

三、FANUC 0 系统诊断窗口和维修有关参数

(一) 诊断窗口

FANUC 0 系统为观察数控系统和机床之间交流的信息提供了相应的窗口。

1. 控制和伺服系统的工作状态信息诊断窗口

(1) 自动运行时的状态窗口

诊断号/位	7	6	5	4	3	2	1	0
700		CSCT	CITL	COVZ		CDWL	CMIN	CFIN

上述信息位为 1 时的含义如下：

CSCT：等待主轴速度到达信号接通，进给暂停。

CITL：内部锁定信号接通，进给暂停。

COVZ：进给倍率选择开关在“0%”位置，进给暂停。

CDWL：正在执行“G04”等待指令，进给暂停。

CMIN：正在执行轴进给指令。

CFIN：正在执行 M、S、T 辅助功能指令。

诊断号/位	7	6	5	4	3	2	1	0
701			CRST				CTRD	CTPU

上述信息位为 1 时的含义如下：

CRST：紧急停机按钮，外部复位按钮或 MDI 面板复位按钮生效。

CTRD：正在通过纸带读入机输入数据。

CTPU：正在通过纸带穿孔机输出数据。

诊断号/位	7	6	5	4	3	2	1	0
712	STP	REST	EMS		RSTB			CSU

上述信息位为 1 时指出自动运行状态被暂停的原因如下：

STP：该信号是插补中断的标志，它可能在下列情况下发生：①按下外部复位按钮时；②按下紧停按钮时；③按下进给保持按钮时；④按下 MDI 面板上的复位按钮时；⑤选择手动方式 (JOG, HANDLE/STFP) 时；⑥出现某些故障报警时。

REST：紧急停机按钮，外部复位按钮或 MDI 面板复位按钮生效时。

EMS: 紧停按钮生效时。

RSTB: 复位按钮接通时。

CSU: 紧停按钮生效或出现伺服报警时。

(2) 绝对编码器状态窗口

诊断号	7	6	5	4	3	2	1	0
760~767	SRFLG	CSAL	BLAL	PHAL	RCAL	BZAL	CKAL	SPHAL

SRFLG: 该位非故障信息, 表示连接的编码器类型

1: 串行编码器 0: 普通编码器

SPHAL:

1: 软件相位数据出错, 串行编码器或反馈电缆不良, 请更换。

CKAL:

1: 数据传送时钟故障, 串行编码器不良, 请更换。

BZAL:

1: 第 n 轴绝对编码器无电池, 数据不能保持, 接通电池并设定参考点。

RCAL:

1: 速度计数器出错, 串行编码器不良, 请更换。

PHAL:

1: 硬件相位数据出错, 串行编码器或反馈电缆不良, 请更换。

BLAL:

1: 第 n 轴绝对编码器电池电压下降, 必须更换电池。

CSAL:

1: 传送数据的检查出错, 串行编码器不良, 请更换。

诊断号	7	6	5	4	3	2	1	0
770~777	DTERR	CRCERR	STBERR					

DTERR:

1: 传送数据出错。

CRCERR:

1: CRC 故障。

STBERR:

1: 传送数据的停止位出错。

以上故障原因可能为串行编码器, 反馈信号接收电路或反馈电缆不良, 请更换串行编码器, 反馈电缆或 NC 的轴控制板。

(3) 伺服系统的状态窗口

诊断号	7	6	5	4	3	2	1	0
720~727	OVL	LV	OVC	HC	HV	DC	FB	OF

上述信息位为 1 时的含义如下：

- OF：出现数据溢出故障。
- FB：出现编码器断线故障。
- DC：放电单元故障。
- HV：出现过压故障。
- HC：出现电流异常故障。
- OVC：出现过流故障。
- LV：出现欠压故障。
- OVL：出现过载故障。

注：诊断号 720~727 依次为 X、Y、Z、第 4、5、6、7 和 8 轴的伺服系统的状态窗口。

(4) 进给轴位置误差窗口

诊断号	依次为 X、Y、Z 与第 4、5、6、7 和 8 轴的位置误差运动时表示跟随误差，停止时表示位置偏差
800~807	(均用十进制数表示)

(5) 进给轴的机械坐标系位置窗口

诊断号	依次为 X、Y、Z、第 4、5、6、7 和 8 轴的机械坐标系位置 (均用十进制数表示)
820~827	

2. 可编程机床控制器 (PMC) 的工作状态信息诊断窗口

图 6-8 是工作过程中的信息交换图，零件加工程序中的辅助功能指令 M、S 和 T 以及与此相关的进给状态信号从 CNC 到 PMC 的输出窗口（地址号 F148~F199，F250~F298）送往 PMC，PMC 控制程序根据从机床到 PMC 的输入点窗口（地址号 X000.0~X022.7，X1000.0~X1012.7）得到的机床状态信息进行处理后，再通过 PMC 到机床的输出窗口（地址号 Y048.0~Y086.7，Y1020.0~Y1028.7）将上述指令发往机床上相应的执行器件，并将完成状况从 PMC 到 CNC 的输入窗口（G100~G147，G200~G249）返回控制单元。

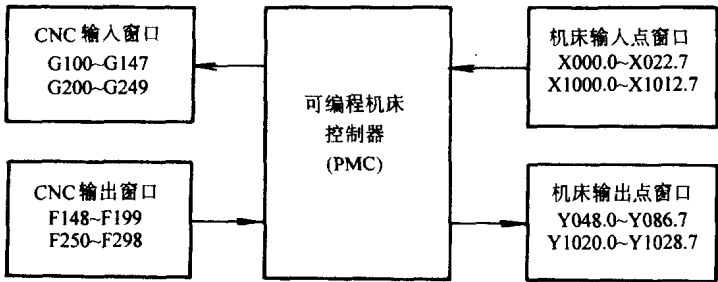


图 6-8 控制单元、可编程机床控制器和机床之间的信息交换

下面对上述诊断窗口作简要说明：

(1) 机床输入点窗口 机床上的各种状态开关通过 PMC 的机床输入点窗口进入 PMC 输入点的地址与控制单元的 I/O 板上的插座以及它的插芯号有关（表 6-4）。下面举例说明：

输入点窗口可以在机床的开关接通和断开时, 观察相应的输入点地址的状态是否有“1”和“0”的变化来判别开关是否完好? 接线是否正确?

表 6-4 PMC 输入点的地址与 I/O 板插座及其插芯号的对应关系

PMC 地址	诊断号/位	7	6	5	4	3	2	1	0
X000	2000	M18-36	M18-21	M18-5	M18-35	M18-20	M18-34	M18-19	M18-33
X002	2002	M18-24	M18-8	M18-38	M18-23	M18-7	M18-37	M18-22	M18-6
X010	2010	M20-11	M20-41	M20-26	M20-10	—	—	—	—
X012	2012	M20-45	M20-14	M20-44	M20-13	M20-43	M20-12	M20-42	M20-27
X021	2021	M1-41	M1-26	M1-27	M1-19	M1-33	M1-34	M1-35	M1-36
X022	2022	M1-42	M1-43	M1-44	M1-45	M1-46	M1-47	M1-48	M1-49
X1000	3000	M78-36	M78-21	M78-5	M78-35	M78-20	M78-34	M78-19	M78-33
X1001	3001	M78-24	M78-8	M78-38	M78-23	M78-7	M78-37	M78-22	M78-6
X1012	3012	M80-49	M80-18	M80-48	M80-17	M80-47	M80-16	M80-46	M80-15

(2) 机床输出点窗口 机床上的各种电磁阀、电动机和制动器等执行器件是由 PMC 的机床输出点窗口经过中间继电器控制的, PMC 输出点的地址与控制单元的 I/O 板上的插座与它的插芯号有关 (表 6-5), 下面举例说明。

在机床上, 各种电磁阀、电动机和制动器等执行器件没有按要求动作时, 可以先观察相应的中间继电器是否接通, 再检查控制它的 PMC 输出点地址位的状态是否为“1”, 如果为“1”, 则可判定为中间继电器损坏或接线错误; 如果控制它的 PMC 输出点地址位的状态为“0”, 则应查阅机床生产厂家提供的 PMC 梯形图, 检查是否由于其他原因使该器件动作的条件不能满足要求。

表 6-5 PMC 输出点地址与 I/O 板插座及其插芯号的对应关系

PMC 地址	诊断号/位	7	6	5	4	3	2	1	0
Y048	2048	M2-5	M2-6	M2-7	M2-8	—	M2-27	M2-26	M2-25
Y049	2049	M2-9	—	—	M2-41	M2-22	—	M2-23	M2-24
Y80	2080	M19-8	M19-7	M19-6	M19-5	M19-4	M19-3	M19-2	M19-1
Y82	2082	M19-16	M19-15	M19-14	M19-13	M19-12	M19-11	M19-10	M19-9
Y84	2084	M20-36	M20-21	M20-5	M20-35	M20-20	M20-34	M20-19	M20-33
Y86	2086	M20-24	M20-8	M20-38	M20-23	M20-7	M20-37	M20-22	M20-6
Y1025	3025	M79-8	M79-7	M79-6	M79-5	M79-4	M79-3	M79-2	M79-1
Y1026	3026	M79-16	M79-15	M79-14	M79-13	M79-12	M79-11	M79-10	M79-9
Y1028	3028	M80-24	M80-8	M80-38	M80-23	M80-7	M80-37	M80-22	M80-6

(3) CNC 输出到 PMC 和 PMC 输出到 CNC 的信息窗

① CNC 输出到 PMC 的信息窗口 (表 6-6)

表 6-6 CNC 输出到 PMC 的信息窗口的主要内容

PMC 地址	诊断号/位	7	6	5	4	3	2	1	0
F148	2148	OP	SA	STL	SPL	ZP4	ZPZ/EF	ZPY	ZPX
F149	2149	MA	DEN2	TAP	ENB	DEN	BAL	RST	AL
F150	2150	BF1	BF2	DST	—	TF	SF	EFD	MF
F151	2151	M28	M24	M22	M21	M18	M14	M12	M11
F152	2152	S28	S24	S22	S21	S18	S14/GR30	S12/GR20	S11/GR10
F153	2153	T28	T24	T22	T21	T18	T14	T12	T11
F154	2154	M00	M01	M02	M30	B38	B34	B32	B31
F155	2155	B28	B24	B22	B21	B18	B14	B12	B11
F156	2156	T48	T44	T42	T41	T38	T34	T32	T31
F157	2157	—	—	MF3	MF2	M38	M34	M32	M31

零件加工程序运行过程中, 程序段中的加工指令是通过 CNC 到 PMC 的信息窗口到达 PMC 控制器的, 而这些指令的执行情况又是经过 PMC 到 CNC 的信息窗口返回 CNC 单元的。这些信息窗口的使用方法对机床生产厂家的 PMC 控制程序设计者是十分重要的, 对于一般维修人员来说, 则有助于对数控系统有更深层次的了解, 由于篇幅限制, 仅就部分信号作简要的说明。

表 6-6 中的部分信号的含义如下:

SA (F148.6): NC 系统准备完成, 可以接通伺服电源。

STL (F148.5): 循环起动 (CYCLE START) 接通。

ZPX~ZP4 (F148.0~F148.3): X、Y、Z 和第四轴返回机械参考点完成。

BAL (F149.2): 数控系统电池故障。

RST (F149.1): NC 发出的复位信号。

AL (F149.0): NC 故障信号。

M28~M11 (F151.7~F151.0): M 功能代码 (二位 BCD 制数)。

T28~T11 (F153.7~F153.0): T 功能代码 (二位 BCD 制数)。

② PMC 输出到 CNC 的信息窗口 (表 6-7)

表 6-7 PMC 输出到 CNC 的信息窗口的主要内容

PMC 地址	诊断号/位	7	6	5	4	3	2	1	0
G115	2115	BIFIN	B2FIN	—	—	TFIN	SFIN	EFIND	MFIN
G116	2116	HX/ROV1	—	—	—	-X	+X	SBK	BDT
G117	2117	XY/ROV2	—	—	—	-Y	+Y	MLK	*LIK
G118	2118	HZ/DRN	—	—	—	-Z	+Z	—	—
G119	2119	H4	—	—	—	-4	+4	—	—
G120	2120	ZRN	*SSTP	SOR	SAR	FIN	ST	MP2	MP1/MINP
G121	2121	ERS	RT	*SP	*ESP	*OV8	*OV4	*OV2	*OV1
G122	2122	PN8	PN4	PN2	PN1	KEY	MD4	MD2	MD1
G123	2123	CON	—	—	—	GR2	GR1	—	—

表 6-7 中的部分信号的含义如下:

MFIN (G115.0): M 功能完成信号。

+X (G116.2): X 轴 + 方向进给。

SFIN (G115.2): S 功能完成信号。

+Y (G117.2): Y 轴 + 方向进给。

TFIN (G115.3): T 功能完成信号。

+Z (G118.2): Z 轴 + 方向进给。

ZRN (G120.7): 回零工作方式。

+4 (G119.2): 第四轴 + 方向进给。

SBK (G116.1): 单程序段工作方式。

-X (G116.3): X 轴 - 方向进给。

BDT (G116.0): 程序段跳过工作方式。

-Y (G117.3): Y 轴 - 方向进给。

MLK (G117.1): 机床锁定工作方式。

-Z (G118.3): Z 轴 - 方向进给。

KEY (G122.3): 程序保护开关。

-4 (G119.3): 第四轴 - 方向进给。

(二) 与维修有关的系统参数

每一台数控机床的数控系统参数在机床出厂时已经设定, 一般来说, 用户不必进行改动。随意改动参数可能使机床发生故障, 这是非常危险的事情。下面介绍一些与维修有关的系统参数, 使用时应特别小心。

1. 与机床行程有关的参数 (表 6-8)

表 6-8 与机床行程有关的参数及功能

参数地址	符号	功 能
0700	LT1X1	X 轴 + 方向行程软限位位置设定值
0701	LT1Y1	Y 轴 + 方向行程软限位位置设定值
0702	LT1Z1	Z 轴 + 方向行程软限位位置设定值
0703	LT141	第四轴 + 方向行程软限位位置设定值
0704	LT1X2	X 轴 - 方向行程软限位位置设定值
0705	LT1Y2	Y 轴 - 方向行程软限位位置设定值
0706	LT1Z2	Z 轴 - 方向行程软限位位置设定值
0707	LT142	第四轴 - 方向行程软限位位置设定值

2. 进给轴的反向间隙补偿值参数 (表 6-9)

表 6-9 进给轴的反向间隙补偿值

参数地址	符号	功 能
0535	BLKX	X 轴反向间隙补偿值
0536	BLKY	Y 轴反向间隙补偿值
0537	BLKZ	Z 轴反向间隙补偿值
0538	BLK4	第四轴反向间隙补偿值

3. 进给轴的第二参考点的位置设定值 (表 6-10)

表 6-10 进给轴的第二参考点的位置设定值

参数地址	符号	功 能
0735	REF2X	X 轴的第二参考点的位置设定值
0736	REF2Y	Y 轴的第二参考点的位置设定值
0737	REF2Z	Z 轴的第二参考点的位置设定值
0738	REF24	第四轴的第二参考点的位置设定值

(三) 诊断窗口和系统参数的显示和修改方法

1. 诊断窗口的显示方法

1) 按系统操作面板上的“DGNOS/PARAM”键,使 CRT 屏幕上出现“DGNOS”页面,如果出现的是“PARAM”页面,则可再按一次“DGNOS/PARAM”键或 CRT 屏幕底部的软操作键“DGNOS”;

2) 按系统操作面板上的“F/No”键;

3) 按数字键 $\times \times \times \times$ (诊断号);

4) 按系统操作面板上的“INPUT”键。

CRT 屏幕上将出现要求的诊断窗口。

2. 系统参数的显示和修改方法

1) 按系统操作面板上的“DGNOS/PARAM”键,使 CRT 屏幕上出现“PARAM”页面,如果出现的是“DGNOS”页面,则可再按一次“DGNOS/PARAM”键或 CRT 屏幕底部的软操作键“PARAM”(如仅作显示,直接执行第 5 步);

2) 按机床操作面板上的“MDI”键,进入 MDI 工作方式;

3) 按系统操作面板上的“F/No”键,“0”键,“INPUT”键,CRT 屏幕上出现 0 号参数所在页面;

4) 按系统操作面板上的“PAGE \uparrow ”键,直到 CRT 屏幕上出现“PWE=0”页面,并设置“PWE=1”(此时 CRT 屏幕上出现“P/S100”号报警);

5) 按系统操作面板上的数字键“ $\times \times \times \times$ ”(要求的参数号),“INPUT”键,CRT 屏幕上出现 $\times \times \times \times$ 参数所在页面;

6) 按系统操作面板上的数字键“????”(要求的参数值),“INPUT”键,CRT 屏幕上出现的 $\times \times \times \times$ 号参数内容变为????(要求的参数值);

7) 按系统操作面板上的“F/No”键,“0”键,“INPUT”键,CRT 屏幕上出现 0 号参数所在页面;

8) 按系统操作面板上的“PAGE \uparrow ”键,直到 CRT 屏幕上出现“PWE=1”页面,并设置“PWE=0”;

9) 按系统操作面板上的“RESET”键,“P/S100”号报警消失;

10) 如对关键参数作了修改,则会出现“P/S100”号报警,此时应断开 NC 电源,再接通 NC 电源时“P/S100”号报警消失,修改的参数生效。

四、FANUC 0 系统的维修

FANUC 0 系统一旦发生故障,在 CRT 上均有报警指示,包括程序错误 (P/S) 报警,

绝对脉冲编码器 (APC) 故障报警, 伺服系统故障报警, 超程故障报警, 可编程机床控制器 (PMC) 故障报警, 过热故障报警, 系统错误报警等等。为了方便读者能迅速了解报警含义, 本书附有 FANUC 0 系统报警含义速查表。

现以 FANUC 0MD 系统为例, 介绍该系统可能出现的各种故障及其分析排除方法, 其他 FANUC 系统维修可仿照处理。

1. 90 号报警 (返回参考点异常)

这是由于返回参考点时没有满足“必须沿返回参考点方向并距参考点不能过近 (128 个脉冲以上) 及返回参考点速度不能过低”的条件。对这类故障的处理步骤是:

1) 距参考点位置如果大于 128 个脉冲。①返回参考点过程中电动机转了不到一转 (即没有接收到一转信号)。此时首先要变更返回时的开始位置, 然后在位置偏差量超过 128 个脉冲的状态下, 在返回参考点方向上进行一转以上的快速进给, 按此可检测是否输入过一转信号; ②返回参考点过程中电动机转了一转以上, 而又产生了上述报警。这种情况多是使用了分离型的脉冲编码器。此时, 需要检查位置返回时的脉冲编码器的一转信号 PCZ 是否输入到了轴控制板中, 如果输入, 则是轴控制板不良, 如果未输入, 则先检查编码器用的电源电压是否偏低 (允许电压波动在 0.2V 以内), 否则是脉冲编码器不良;

2) 如果沿返回方向移动量小于 128 个脉冲。则要检查确认进给速度指令值, 快速进给倍率信号, 返回参考点减速信号及外部减速信号是否正常;

3) 距参考点位置如果小于 128 个脉冲。则变更返回时的开始位置, 使其位置偏差量超过 128 个脉冲;

4) 返回参考点速度过低。返回参考点速度必须为位置偏差量超过 128 个脉冲的速度, 如果速度过低, 电动机的一转信号散乱, 不可能进行正确的位置检测。

2. 400 号报警 (过载)

它表示伺服放大器或伺服电动机过热, 此时可用诊断号 DGN730~DGN733 的第 7 位 ALDF 的状态来分析故障。如果 ALDF=1, 则说明伺服电动机方面过热, 此时执行第 1) 步。如果 AIDF=0, 则说明伺服放大器方面有问题, 此时执行第 2) 步。其具体分析步骤如下:

1) 切断电源。从伺服放大器上拆下产生过热报警轴的反馈电缆, 确认电缆侧的连接器 8、9 脚之间的导通状态。如果导通, 说明热控开关动作, 其原因多是轴控制板不良引起; 如不导通, 则观察电源接通时是否立即发生报警。如不是, 则执行第 3) 步。如是, 则执行第 4) 步;

2) 检查伺服放大器的 OH 报警是否点亮。如不亮, 则进行“伺服放大器的电源检测” (见故障 12); 如亮, 则首先确认伺服放大器与 S1 短路棒的设置是否正确。当使用外部热控开关时设定为 L, 否则为 H。如设定正确, 则确认伺服放大器、伺服变压器、再生放电单元中是否有一个是热的。如有热的, 则执行第 3) 步; 如无, 则确认伺服放大器、伺服变压器、再生放电单元间的电缆是否有断线或接线错误。如没有问题, 则其原因在于伺服放大器、伺服变压器、再生放电单元的热控开关不良;

3) 用伺服放大器的测试端子 IR、IS 测量负载电流, 确认是否超过了额定电流值。如超过则执行第 5) 步。否则, 请确认风扇电动机周围的环境, 多是由于通风不良引起的;

4) 确认反馈电缆是否有断线或接线错误。如有错误, 则修理、更换电缆。否则, 是由

于电动机内的热控开关不良引起的；

5) 检查电动机负载是否大于电动机的允许值。如是，则须检查机床侧的状态，如机床装配不良等，或重新选择电动机和放大器，或重新研究机床切削条件。如果负载未超过，则应检查加、减速是否频繁，如是，需重新研究机床切削条件；否则，是电动机不良或伺服放大器不良造成的。

3. 401 号报警（伺服系统准备完毕信号断开）

它表示当 NC 将 MCC 接通信号送给伺服放大器时，伺服放大器却不返回已准备好信号，此时应先解除其报警，然后按“伺服放大器的电源检测”（见故障 12）进行检查。

4. 4n0、4n1 报警（位置偏差量过大；n 为 1~8，表示控制轴号，下同）

它表示 NC 指令的位置与实际机床位置的误差（即位置偏差量）大于参数设定值。当发生 4n0 报警时，表示停止中的位置偏差量过大，当发生 4n1 报警时，表示移动中的位置偏差量过大。它可以用诊断号 DGN800~DGN803 来确认位置偏差量是否超过参数设定值。

1) 如没有超过，则说明是轴控制板不良，如超过，则应观察轴是否移动了。如没有移动，则执行第 5) 步，否则，应检查与轴运动有关的参数值，是否合适或进给速度指令是否过大。如不是这个原因，则执行第 2) 步。否则，应变更参数或减少进给速度指令；

2) 检查伺服放大器的三相 200V 输入电压是否在允许波动的范围之内（-15% ~ +10%）。如不正常，则执行第 4) 步。否则，应检查 8000 号以后的参数，特别是电动机的型式等是否正确。如正确，则执行第 3) 步。否则，应变更不正确的参数值；

3) 检查指令线和反馈线是否有断线或接线错误，如有问题，则更换或修理电缆。否则，应确认伺服关断信号（用诊断号 DGN105.0~DGN105.3 来检查）是否有时有接通现象。如不正常，则要检查机床强电梯形图的逻辑关系。否则可能是由伺服放大器或轴控制电路或电动机不良引起的；

4) 检查伺服电源变压器的输入电压。如正常，则确认伺服电源变压器的连接及连接电缆是否完好、正常。如正常，则是伺服电源变压器不良；

5) 确认轴操作中电动机制动器是否有效。如制动器已抱闸，则应解除制动。否则应检查电动机动力线、伺服放大器及轴控制板之间的连接电缆是否有断线或接错线的现象。如都正常，则故障原因在于电动机不良或轴电路不良或伺服放大器不良。

5. 4n4 报警

它是与伺服放大器和伺服电动机有关的各种报警的总的表示。这些报警有可能是伺服放大器及伺服电动机本身引起的，也可能是数控系统的参数设定不正确等原因造成的。在此着重介绍由后者引起的 4n4 报警的排除方法。对于 4n4 报警的原因可通过诊断号 DGN720~DGN725 的第 6 位至第 2 位来分别确认是否为 LV、OVC、HC、HV、DC 报警，然后检查与其报警对应的伺服放大器上的报警指示灯 LED 是否点亮。如不亮，则参考“伺服放大器的电源检查”（见故障 12）的项目进行。否则，按其报警指示分别进行下述检查：

1) 4n4 (LV) 报警 它表示在伺服放大器中发生了电压不足的报警。其分析步骤是：①首先检查伺服放大器上的保险 F1 是否熔断。如熔断，则更换保险。若再次熔断，则需考虑更换伺服放大器；②检查伺服放大器的输入电压是否在允许波动的范围之内（-15% ~ +10%）。如电压正常，则是伺服放大器不良；③确认是否使用了伺服变压器，如没有使用或虽使用但其输入电压不正常，则应检查供给电源；④确认伺服电源变压器的连接及其连接电

缆。如连接不好,则进行修正。否则,可以认为是伺服电源变压器不良。

2) 4n4 (OVC) 报警 它表示在防止电动机烧毁的电源值监视电路中电源在一定时间内积分值超过了规定值。其分析步骤是:①首先确认参数 PRM8140~PRM8157 的 PK1、PK2、EMF、CMP、PVPA 的值是否正确;②用伺服放大器上的检测端子 IR、IS 测量负载电源。确认瞬间电流是否超过允许值(20s 以下的电动机应为额定电源的 1.4 倍,20s 以上的电动机为 1.7 倍)。如未超过,测说明轴电路不良;③如瞬间电源超过允许值,则继续观察在恒定进给状态下负载电源是否也超过允许值,如是,则执行第④步。否则,是由于加减速时电动机能量不足引起的。其解决办法有以下几种:重新选定电动机;降低进给速度;增加加减速时间常数,这包括快速进给加减速时间常数 (PRM522~PRM525),切削进给加减速时间常数 (PRM529) 以及手动进给加减速时间常数 (PRM601~PRM604);④确认是否由于制动器等外界因素增加了机械负载。若是,则应检查机床侧,设法减少机床负载。若不是,则可以考虑以下几种原因:电动机功率不够;电动机不良;轴电路不良。

3) 4n4 (HC) 报警 它表示伺服放大器中发生电流异常一大电流报警。其分析步骤:①首先检查电动机型号(参数 PRM8120)以及电流环增益(参数 PRM8140~PRM8142 的 PK1、PK2、PK3 的值)。如正确,则执行第②步,如不正确,则修正之;②切断 MC 及伺服放大器的输入电源,从伺服放大器侧取下电动机动力电缆,然后分别确认电缆侧的 U~G、V~G 及 W~G 之间的绝缘状况。如已不绝缘,则执行第④步,如绝缘正常,则应测量电缆侧的 U~V、V~W、W~U 之间的电阻值,并确认这三个值是否大致相等。如不等,则执行第③步,如相同,则可认为是伺服放大器不良;③取下电动机侧的动力电缆,测量电动机端子的 U~V、V~W、W~U 之间的电阻值,并确认这三个值是否大致相等。如不等,则执行第⑤步,如相同,则执行第⑥步;④从电动机侧取下动力电缆,分别确认电动机的 U~G、V~G、W~G 之间的绝缘状况。如已不绝缘,则执行第⑤步,如绝缘正常,则执行第⑥步;⑤可认为是电动机不良,应更换一台同类型电动机;⑥可认为是电动机动力线不良,应更换电动机动力线或进行修理。

4) 4n4 (HV) 报警 它表示在伺服放大器中发生了过电流报警。其分析步骤:①首先确认输入伺服放大器的电压是否在允许波动的范围之内(-15%~+10%)。如不正常,则执行第②步,如正常,则执行第④步;②然后再确认是否使用了伺服变压器,如未使用,则检查动力电源。如使用,则确认伺服电源变压器的输入电压,如输入电压不正常,则检查动力电源。如电源正常,则执行第③步;③确认伺服电源变压器的连接及连接电缆。如不正确,则修正之,如正确,则可认为是伺服电源变压器不良所致;④检查确认相对于负载的加减速时间数是否过小。如过小,则适当增加。如合适,则检查分离型再生放电单元的连接是否正确。如正确,则执行第⑤步,如不正确,则重新进行连接;⑤切断电源,确认分离型再生放电单元的电阻值是否正确。如正确,则可认为是伺服放大器不良或伺服放大器的规格不适合于机械负载。如不正确,则更换分离型再生放电单元,但也有可能是电动机、伺服放大器不适合于机械负载。

5) 4n4 (DC) 报警 它表示伺服放大器中的再生放电回路发生报警。其分析步骤:①首先检查确认伺服放大器上端子 S2 的设定是否正确(若使用分离型再生放电单元,设定为 H。若不使用,设定为 L)。如正确,则执行第②步,如不正确,则在切断电源之后再改变设定;②确认是否使用了分离型再生放电单元。如未使用,执行第③步。如使用,则检查分

离型再生放电单元的连接是否正确。如正确,则执行第③步,如不正确,则将其正确连接;③检查确认加减速是否频繁。如不频繁,则要考虑是伺服放大器不良。如频繁,则要采取下述措施,或减少加减速的频度,或重新研究分离型再生放电单元的设置及规格。

6. 4n6 报警 (断线报警)

它表示发生了脉冲编码断线故障。其分析步骤:①首先用诊断号 DGN730~DGN733 第 7 位确认 ALDF 是“1”还是“0”。是“1”表示硬件检测,执行第②步。是“0”表示软件检测,此时要检查报警轴上是否使用了分离型脉冲编码器,如未使用,执行第②步。如使用,则要检查丝杠实际反向间隙量是否大于参数 PRM535~PRM538 的设定值。如不大,则执行第②步。如大,则变更上述参数;②检查内装式脉冲编码器侧或分离型脉冲编码器侧的各自反馈电缆中是否有断线或接线错误(采用了何种类型脉冲编码器,这可根据 DGN730~DGN733 的第 4 位 EXPC 值来确认。若 EXPC=0,表示采用内装式脉冲编码器。若 EXPC=1,表示采用分离型脉冲编码器)。若正确,执行第③步,若不正确,则更换电缆;③检查反馈电缆的屏蔽线是否接地。如没有接地,则将电缆的屏蔽接地,否则会在连接信号中参有杂音干扰。如屏蔽线已接地,则可能是由于轴电路不良或脉冲编码器不良所致。

7. 510~581 号报警 (超程报警)

它表示机床位置超过了行程限位或超程信号接通。其分析步骤:①用参数 PRM700~702 检查是哪个轴超过了轴的软限位或超程信号接通;②用手动操作使机床反方向移动,退出报警区,然后用 RESET 键解除报警。如不能退出,执行第③步。如能退出,则将轴返回原点;③切断电源,然后在按 P 及 CAM 键的同时接通电源。但是千万注意,不要在按 PE-SET 及 DELETE 键的同时接通电源,因在返回原点或在切断电源前均不进行行程限位检测,所以容易损坏机床。此时可由手动运转退出报警区;④退出报警区后,务必再次切断电源,使行程限位检测有效。

8. 不能进行自动操作

其分析步骤:①首先确认在 AUTO 方式下,按起动按钮,观察自动运转信号 STL 是否为“1”。这可由诊断号 DGN148.5 或 048.5 来确认。若 STL=1,执行第②步。若 STL=0,则执行以下步骤:a)用 DGN121.7 或 021.7 来确认复位信号 ETS=0;b)用 DGN121.5 或 021.5 来确认自动运转暂停信号*SP=1;c)若按启动按钮,用 DGN120.2 或 020.2 来确认运转启动信号 ST=1;②用 DGN700 确认 CNG 状态,并排除其相应的故障原因:a)当 DGN700.6 (CSCT)=1 时,表示等待主轴速度到达信号接通;b)当 DGN700.5 (CITL)=1 时,表示互锁信号接通;c)当 DGN700.4 (COVZ)=1 时,表示倍率为 0;d)当 DGN700.3 (CINP)=1 时,表示进行到位检测:e)当 DGN700.2 (CDWL)=1 时,表示执行暂停;f)当 DGN700.1 (CMTN)=1 时,表示执行自动运转中的移动指令;g)当 DGN700.0 (CFIN)=1 时,表示执行 M、S、T 功能。

9. 不能进行 JOG (手动) HANDLE (手轮) 或 STEP (增量) 进给

其分析步骤:①在 CRT 中确认是否为所选定的方式:有无报警;是否为 NOT READY 状态:若无手动手轮控制的选择,HANDLE 方式下显示为 STEP。如显示正常,则转第②步;如不正常,则变更方式;解除报警,确认紧急停止信号*ESP=1(用 DGN121.4 和 021.4 确认);②当 JOG, HANDLE, STEP 进给时, CRT 的位置显示是否发生变化。如变化,转第⑥步。如不变,则用 DGN121.7 或 021.7 来确认外部复位信号 ERS 是否变为“1”。

如不是, 执行第③步。如为“1”, 使外部复位信号变为“0”; ③检查互锁信号是否有效。如是, 则使互锁信号变为无效。如无效, 则执行 JOG 进给。如确是 JOG 进给, 执行第④步; 如不是 JOG 进给, 则检查是 STEP 进给还是 HANDLE 进给。如是 STEP 进给, 执行第⑤步; 如是 HANDLE 进给, 执行第⑥步; ④检查进给倍率是否为 0 这可用诊断号 DGN121.0~DGN121.3 或 021.0~021.3 来检查。如不为 0 执行第⑤步; 如为 0, 则应加大倍率; ⑤检查进给轴方向选择信号是否为“1”, 这可用 DGN116.2~DGN119.2 (正向) 及 116.3~119.3 (反向) 来检查。如不是“1”, 应检查电缆的连接是否有问题; 如为“1”, 则须更换轴电路; ⑥用诊断号 DGN120.0 或 DGN020.0、DGN120.1 或 DGN020.1 来检查手动进给能否正确设定每步的机械移动量。如不正确, 应检查与电缆的连接并进行正确设定。如正确, 应检查轴选择信号 (HX~H4) 是否仅有一个被选择, 这可用 DGN116.7~DGN119.7 或 016.7~019.7 来确认。

10. 返回参考点位置偏移

其分析步骤: ①确认参考计数器值的设定是否正确。参考计数器的值等于电机一转的脉冲数乘以检测倍率 DMR; 参考计数器的值和检测倍率 DMR 的值均设定在参数 PRM004~PRM007 中; ②确认返回参考点位置偏移的程度, 是否在一个栅格之内。如在一个栅格之内, 执行第③步, 否则执行第④步; ③确认减速挡块 (*DECX, *DECY 等) 是否装配在正确位置上。如减速挡块距参考点小于电动机一转移动量的一半, 则改变挡块位置, 使它在正确位置附近, 如在正确位置上, 则应确认减速挡块的长度 LDW 是否太短。如果挡块长度 LDW 小于下式

$$LDW < V_R (T_R/2 + T_S + 30) + 4 V_L T_S / 60000$$

式中 V_R ——快速进给速度 (mm/min);

T_R ——自动加减速时间参数 (ms);

T_S ——伺服时间参数 (ms), $T_S = 100000/G$;

G ——在参数 PRM0517 中设定的伺服环增益, 1/100s;

V_L ——在 PRM0543 中设定的返回参考点的最低进给速度。

则应加长 LDW, 使它大于或等于计算值。如 LDW 够长, 则须考虑更换轴控制板; ④检查参数 PRM0508~PRM0511 中栅格偏移量设定是否正确。如不正确, 则修正之。如正确, 则检查脉冲编码器与 NC 之间的反馈电缆是否有断线或松脱现象。如不正常, 则修正之, 如正常, 则检查此反馈电缆中的屏蔽线是否已接地。如已接地, 则须更换轴控制板。

11. 无画面显示

其分析步骤: ①首先检查 CRT 信号电缆及电源电缆是否已接好; ②检查电源单元上的红色 LED 灯是否点亮。如不亮, 执行第③步。如亮, 则关断电源, 用万用表测试主电路板上的 +5V (逻辑电路用), +15V, -15V (位置控制电路用), +24V (CRT/MDI 单元用), +24VE (输入输出信号用) 端子与 GND 端子间的电阻, 是否有导通情况 (0~2Ω 认为是导通。当轴控制板插入时, +5V 与 GND 之间电阻约为 5~10Ω)。如导通, 说明主电路板不良, 如不通, 则是电源单元不良; ③检查电源单元上的绿色 LED 灯是否点亮。如点亮执行第④步。如不亮, 检查电源单元是否已输入单相 200V。如未输入, 则检查电缆及外部电源。如已输入, 则检查电源单元上的保险 F11、F12、F13 是否熔断, 如已熔断, 则更换

相应规格的保险，并参考“电源单元保险熔断故障”（见故障 14）的项目进行。如未熔断，则须考虑更换电源单元；④检查主电路板上的 L1~L6 的 LED 是否点亮。如未亮，执行第⑤步。如亮，检查 L4 是否点亮。如亮，说明存储器控制板没有插好；如不亮，则可能是 CRT 不良或存储器控制板不良，或主电路板不良；⑤在按面板上 ON 按钮，接通电源的状态下，测量主电路板、轴控制板，存储控制板测试端子上 +5V 与 GND 之间的电压是否在 4.75~5.25V 之间。如不正常，执行第⑥步。如正常，则可能是主电路板不良或存储控制板不良；⑥+5V 与 GND 之间的电压是否为 0，如 0，则检查面板上 ON，OFF 开关的电缆连接是否正确。如连接正确，则为电源单元不良。如果 +5V 与 GND 之间电压不是 0V，则测量电源单元上的测试端子 A10 与 A0 之间电压是否为 10V。如是则是电源单元不良。如不是，则应调整其上的可变电阻 VR11 使其电压为 10V。

12. 伺服放大器的电源检测

其分析步骤：①用数字万用表测量电路板上检测端子的电源电压是否正常。在正常情况下，+20V 端子和 +24V 端子电压允许波动 $\pm 2V$ ，-15V 端子和 +15V 端子电压允许波动 $\pm 0.75V$ ，+5V 端子电压允许波动 $\pm 0.25V$ 。如电压正常，执行第②步。如电压不正常，执行第⑤步；②检查接通电源后是否立即发生报警。如立即发生报警，执行第③步。如不是立即发生报警，则其故障原因可能是伺服放大器不良或轴电路不良；③对发生报警的轴，用封盒插入轴控制板中来代替指令电缆，然后接通电源，观察其报警是否消失。如消失，则执行第④步。如不消失，则说明轴电路不良；④确认伺服放大器与轴控制板之间的电缆是否有断线或接线错误。如电缆完好，连接正常，则引起报警的原因在于伺服放大器不良；⑤检查伺服放大器的输入电压是否在允许范围之内（-15%~+10%）。如在允许范围，说明伺服放大器不良。如不是，则检查动力电源是否正常，如电路中使用了伺服变压器，则还应检查连接电缆是否正常。如一切正常，则故障原因在变压器不良。

13. 主电路板上 LED 灯的指示含义

指示灯显示状态分别是：L1 为绿灯，表示系统正常。L2 为红灯，表示只要有任一报警发生，L2 就点亮。L3 为红灯，表示存储器控制板接触不良。L4 为红灯，表示监控报警。其可能原因有轴控制板脱落；轴控制板、主电路板不良，轴控制板与伺服 ROM 配置不当。L5 为红灯，子 CPU 板（SUB）或第 5、6 轴控制板故障。

14. 电源单元保险熔断故障

其分析步骤：①电源单元输入端的 F11/F12 熔断器的熔断原因及处理：a) VS11 浪涌吸收器短路：VS11 用于吸收输入端间的浪涌电压，若浪涌电压过高或连续过电压加在 VS11 上会导致 VS11 短路，从而使 F11/F12 熔断；b) DS11 二极管堆短路；c) 开关晶体管 Q14、Q15 的 C~E 间短路；d) 二极管 D33~34 短路；e) 辅助电源电路内晶体管 Q1 的 G~E 间短路；②电源单元 +24V 输出端的 F13 熔断：a) 可认为是 CRT/MDI 单元内部或连接电缆短路，取下连接器 CP15，对其电缆作重点检查；b) 主电路板侧 +24V 电路短路。取下连接器 CP14 和 CP15 的电缆后，对主电路板侧作重点检查；③电源单元 +24E 输出端的 F14 熔断：a) 向各电路板单元供给 +24E 电源的电缆短路；b) 来自机床侧的 +24V 电源线接地或与其他电源线混接；④保持电源内部电路的熔断器 F1 熔断：a) 辅助电源电路（M1，Q1，T1，D1，Q2，ZDI）发生故障；b) 电源 ON/OFF 开关的触点信号线，外部报警信号线与交流电源线等接错。此时，有可能将辅助电路烧毁。

15. 编程故障

与零件加工程序编制错误有关的故障报警号前面带有“P/S”，报警号从 000 到 250，由于这类故障主要与编程人员有关，这里不作详述，但特别要指出的是“P/S100”和“P/S000”二个报警是与维修人员有关的。

(1) P/S100 号报警 维修人员在修改 NC 参数前必须将参数设定页面 2 (SETTING2) 上的“PWE”项设定为“1”，以使能参数的修改，此时必然出现 P/S100 号报警，在参数修改完毕后应将“PWE”改设为“0”，以禁止参数的修改，再按系统面板上的复位 (RESET) 键，使 P/S100 号报警取消。

(2) P/S000 号报警 在某些关键的 NC 参数被修改后，使用上述方法虽然可以取消 P/S100 号报警，但又出现 P/S000 号报警，此时必须断开 NC 电源才能取消该报警。

思 考 题

1. 数控系统现场维修应具备哪些基本条件？
2. 数控系统维修中应注意哪些事项？
3. 数控系统维修中进行集成电路替代时应掌握哪些事项？
4. 当 FANUC 0 系统发生 400 号报警后，如何进行分析诊断？

5. 一台加工中心，配置 FANUC 6M 系统，在运行过程中，CRT 画面突然出现 401、410 及 420 报警。根据维修手册提示，401 号报警表示速度控制单元 VRDY 信号断开，其可能的原因是：①伺服单元上的接触器 MCC 未接通；②速度控制单元没有加上 100V 电源；③伺服单元电路板故障；④CNC 系统和伺服单元连接不良；⑤CNC 主控制板不良。而 410 和 420 号报警表示 X 轴和 Y 轴的位置偏差过大。其可能的原因是：①位置偏差值设定错误；②输入电源电压太低；③电动机电压不正常；④电动机的动力线和反馈线连接故障；⑤伺服单元故障以及主板上的位置控制部分故障。

根据上述分析，请用合适的维修诊断方法确定故障的部位。

6. 一台配置西门子 810 系统的数控机床按下启动按钮后 CRT 上没有显示，CPU 模块上红色 LED 常亮，如何查找故障原因？如果机床运行中这个 LED 亮了，表明系统发生了什么故障？

技 能 训 练

1. 对照电子元器件手册中元器件标志方法，进行识别各类电子元器件训练。
2. 通过对 SIEMENS、FANUC 或其他型号的数控系统设置一些典型的故障，开展故障分析诊断和排除训练。
3. 参加数控机床的数控系统发生故障后的维修实践。

第七章 数控机床维修实例

目前,我国数控机床的年消费量近2万台,数控机床的拥有量在13万台左右,随着国民经济的快速发展,数控机床的应用将越来越普遍。多年来,广大数控机床用户的维修人员通过大量的维修实践,积累了丰富的经验,摸索出了不少卓有成效的维修方法。本章介绍的数控车床、数控铣床、加工中心的维修实例,是从收集到的全国一百多家数控机床用户和专业维修中心的数百个各类型数控机床的维修实例中精选出来的。通过这些维修实例,我们可以借鉴他人的经验,从中获得有益的启发,总结各类数控机床维修的思路和方法,用集体的力量和智慧来提高我国数控机床的维修水平。

第一节 数 控 车 床

一、CNC 系统故障维修实例

例 7-1 CRT 无显示故障

故障设备: CK7815/1 型数控车床,采用 FANUC 3TA 控制系统。

故障现象: 在调试一零件程序当中,将机床锁住进行空运转时,按下起动按钮 CRT 无任何显示,也无光栅。

故障检查与分析: 检查 NC 柜中电源板无 24V 直流电压输出,关掉机床电源,将 PCB 主板上与 24V 电源相连的接插件 PC3 拔下,然后给机床通电,电源板有 24V 直流电压,此时 CRT 有光栅,说明在 PCB 主板或与其相连的插口及电路板中有短路的地方。关掉电源,试将与 PCB 连接的输入输出接口 M_1 、 M_2 和 M_{18} 拔下,把 PC₃ 插口恢复,通电试车, CRT 显示正常。关掉电源,逐一连接 M_1 、 M_2 和 M_{18} ,查出输入接口 M_1 和与 PLC 板连接的 M_{18} 中均有短路的地方。至此,排除了 PCB 主板和 PLC 板,说明故障出现在机床侧。检查 M_1 和 M_{18} 中的 32P 均与地短路,查 32P 所接线,都是 5 号(即系统直流 24V 电源),通过分线盒与强电柜中的 5 号端子相连,将 5 号端子上的信号线逐一用万用表测量,有一条线与地短路,顺此线查明,故障发生在刀盘接线盒内的刀位开关上。

故障处理: 重新调整刀位开关和接线,故障排除,机床恢复正常。

例 7-2 数控车床停机,操作面板失电故障

故障设备: 美国 CS-42 数控车床,采用 FANUC 0 TB 数控系统。

故障现象: 机床在运行中突然出现停机,且操作板失电。报警信息为 914 RAM PARITY (SERVO)。

故障检查与分析: 根据报警信息自诊断提示,参考该机床维修手册对“914”报警号分析,初步确认伺服系统中的 RAM 出现奇偶性错误。经检查 CNC 系统,发现主电路板报警信号灯 WDA 红灯亮,说明主电路板上故障。卸下主电路板进行检测,发现驱动 X 轴的芯片 MB81C79A-45P-SK 损坏。

故障处理: 换备件,主电路板恢复正常运行,故障排除(因主电路板断电检测时间较

长, 会使 NC 参数丢失, 原设定参数出现混乱, 需重新输入 NC 参数)。

例 7-3 硬件出错故障

故障设备: 数控车床, 采用 SINUMERIK 820T 数控系统。

故障现象: 机床通电后, 数控系统起动失败, 所有功能操作键都失效, CRT 上只显示系统页面并锁定, 同时, CPU 模块上的硬件出错红色指示灯点亮。

故障检查与分析: 故障发生前, 有维护人员在机床通电的情况下, 曾经按过系统位控模块上伺服轴位置反馈的插头, 并用螺钉旋具紧固了插头的紧固螺钉, 之后就造成了上述故障。数控系统无论在断电或通电的情况下, 如果用带静电的螺钉旋具或人的肢体去触摸数控系统的联接接口, 都容易使静电窜入数控系统而造成电子元器件的损坏。在通电的情况下紧固或插拔数控系统的连接插头, 很容易引起接插件短路, 从而造成数控系统的中断保护或电子元器件的损坏, 故判断故障由上述原因引起。

故障处理: 在机床通电的状态下, 一手按住电源模块上的复位按钮 (RESET), 另一手按数控系统起动按钮, 系统即恢复正常。通过 INITIAL CLEAR (初始化) 及 SET UP END PW (设定结束) 软键操作, 进行系统的初始化, 系统即进入正常运行状态。

如果上述方法无效, 则说明系统已损坏, 必须更换相应的模块甚至系统。

例 7-4 系统自动关机故障

故障设备: 双工位专用数控车床, 采用德国西门子公司 SINUMERIK 810T 系统, 每工位各用一套数控系统。伺服系统也是采用德国西门子的产品, 型号为 6 SC6101-4。

故障现象: 自动加工时, 右工位的数控系统经常出现自动关机的故障, 重新启动后, 系统仍可工作, 而且每次出现故障时, NC 系统执行的语句也不尽相同。

故障检查与分析: 西门子 810 系统采用 24V 直流电源供电, 当这个电压幅值下降到一定数值时, NC 系统就会采取保护措施, 迫使 NC 系统自动切断电源关机。该机床出现这个故障时, 这台机床的左工位的 NC 系统并没有关机, 还在工作。而且通过图样分析, 两台 NC 系统公用一个直流整流电源。因此, 如果是由于电源的原因引起这个故障, 那么肯定是这台出故障的 NC 系统保护措施比较灵敏, 电源电压下降, 该系统就关机。如果电压没有下降或下降不多, 系统就自动关机, 那么不是 NC 系统有问题, 就是必须调整保护部分的设定值。

这个故障的一个重要原因为系统工作不稳定。但由于这台机床的这个故障是在自动加工时出现的, 在不进行加工时, 并不出现这个故障。所以确定是否为 NC 系统的问题较为困难。为此, 首先对供电电源进行检查。测量所有的 24V 负载, 但没有发现对地短路或漏电现象。在线检测直流电压的变化, 发现这个电压幅值较低, 只有 21V 左右。长期观察, 发现出故障的瞬间, 电压向下波动, 而右工位的 NC 系统自动关机后, 电压马上回升到 22V 左右。故障一般都发生在主轴吃刀或刀塔运动的时候。据此认为 24V 整流电源有问题, 容量不够, 可能是变压器匝间短路, 使整流电压偏低, 当电网电压波动时, 影响了 NC 系统的正常工作。为了进一步确定判断, 用交流稳压电源将交流 380V 供电电压提高到 400V, 这个故障就再也没有出现。

故障处理: 为彻底消除故障, 更换一个新的整流变压器, 使机床稳定工作。

例 7-5 加工程序丢失故障

故障设备: DO 15 经济型数控车床, 采用西安微电机研究所生产的 JWK-2-3A 型数

控系统。

故障现象：加工程序输入 RAM 后，启动主轴时，程序不能被执行，TP801 单板机出现“P”显示，同时 RAM 内的加工程序丢失。

故障检查与分析：由于这种现象是偶发的，判断、检查非常困难。根据资料介绍，TP801 单板机在程序执行中突然出现“P”显示，是由于干扰引起的，也提示了几条干扰源。但没能发现什么问题。

故障处理：根据预防干扰的措施，采用重复、加强接地、接零的方法，从电源引线管的接地螺栓上再加接一根到数控柜接地点的接地线（车床床身的接地点已经与电源引线管的接地螺栓有良好的连结）作重复接地、接零后，故障排除。

提示：通过这一故障，可以看出，由于数控机床的特殊性，对于干扰信号特别敏感，一些对普通机床不产生影响的问题在这儿成了令人头痛的问题。数控机床必须在抗干扰上采取特殊措施，有条件的，可安装三相交流稳压净化隔离电源，没条件的，最少要把好接地及信号线的屏蔽关。对数控柜直接重复接地、接零是一个可采用的办法。

例 7-6 南京 JN 系列数控系统 02 号-0080 报警故障

故障设备：经济型数控车床，采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列数控系统。

故障现象：在输入新程序时，发生 02 号-0080 报警。

故障检查与分析：查阅机床编程说明书，从出错表中知，02 号报警为编辑方式中错误报警，表中列出 02 号报警所包含的 14 种出错分号的内容和处理意见，却无 0080 出错分号的内容，因此，该故障无帮助信息可供参考。考虑到故障发生在输入新程序的过程中，故怀疑是编程出错，着重从程序方面进行检查。首先检查新程序无故障，调用其他程序来检查也无故障。其次检查系统的程序输入情况，发现存入数控系统的加工程序已达 6 个之多。JN 系列数控系统为经济型数控系统，虽然可存储若干个零件加工程序，但其掉电保护内存只有 8KB。如果输入的零件加工程序过多，将导致发生溢出报警。为此，确定故障的原因为：存入数控系统的零件加工程序过多。

故障处理：将暂时不用的程序删除，重新输入新的加工程序，故障排除。

提示：对于经济型数控系统而言，因其 RAM 为 16 位芯片，存储容量较小，装入过多的零件加工程序将发生溢出报警。使用经济型数控系统的操作人员和维修人员对此应引起重视。

二、伺服系统故障维修实例

例 7-7 FANUC 0TE 系统 401 号报警故障

故障设备：济南第一机床厂 MJ-50 型数控车床，采用 FANUC 0TE-A2 数控系统，轴进给为交流伺服。

故障现象：X 轴伺服板 PRDY（位置准备）绿灯不亮，OV（过载）、TG（电动机暴走）两报警红灯亮，CRT 显示 401 号报警。通过自诊断 DGNOS 功能，检查诊断数据 DGN23.7 为“1”状态，无“VRDY”（速度准备）信号；DGN56.0 为“0”状态，无“PRDY”信号。X 轴伺服不走。断电后，NC 重新送电 DGN23.7 为“0”，DGN56.0 为“1”，恢复正常，CRT 上无报警。按 X 轴正、负方向点动，能运行，但走后约 2~3s，CRT 又出现 401 号报警。

故障检查与分析：因每次送电时，CRT 不报警，说明 NC 系统主板不会有问题，怀疑

故障在伺服系统。采用交换法,先更换伺服电路板,即X轴与Z轴伺服板交换(注意:短路棒S的位置)。交换后,X轴可走,但不久出现400号报警,而Z轴不报警,说明故障在X轴上。继续更换驱动部分(MCC)后,X轴正、负方向走动正常并能加工零件,但加工第二个零件时,又出现400号报警。

查X轴机械负载,卸皮带,查丝杠润滑,用手可盘动刀架上下运动,确认机械负载正常。查伺服电动机,绝缘正常。电动机电缆、插接头绝缘正常。用钳形电流表测量X轴伺服电动机电流,电流值在6~11A范围内变动。查说明书,X轴伺服电动机为A06B-0512-B205为05型,额定电流为6.8A,而现空载电流已大于6A,但机械负载正常,只能怀疑是刹车抱闸未松开,电动机带抱闸转动。用万用表检查,果然刹车电源90V没有,查保险管又未熔断,再查,发现保险座锁紧螺母松动,板后保险管座的引线脱落,造成无刹车电源。

故障处理:将上述部位修复后,故障排除。

提示:由于X轴电动机抱闸还能转动,容易误认为抱闸已松开,可实际是过载。因伺服电动机电流过大,造成电流环报警,引起NC系统出现“PRDY”(位置准备)信号没有,接触器MCC不吸又使“VRDY”(速度准备)信号没有,从而出现401号报警及OV和TG红灯亮。当电流大到一定程度就会出现400号报警。因此我们不能单纯按照说明书检查步骤表去查,而应从原理上思考分析后,去伪存真,抓住本质解决问题,以免走弯路。

例7-8 数控车床数字伺服系统故障

故障设备:美国CS-42数控车床,采用FANUC 0TB数控系统。

故障现象:随机性报警停车,CRT上显示信息为401 SEVO ALARM (VRDY OFF) 414 SEVO ALARM X轴 DETECT ERR 424 SEVO ALARM Z轴 DETECT ERR 434 SEVO ALARM 3轴 DETECT ERR 伺服板上HC二极管发亮显示报警。

故障检查与分析:根据报警内容,判断401号报警的原因可能是数字伺服控制单元上的电磁接触器MCC未接通,数字伺服控制单元没有加上100V电源,数字伺服控制板或主控制板接触不良。414、424、434号报警是X轴、Z轴和第3轴数字伺服系统有故障,很可能是这三个轴的输入电源电压太低,伺服电动机不能正常运转。而HC报警的主要原因是伺服板上有电流穿过伺服放大器。根据以上分析,检测MCC接触器的线圈、连接导线、浪涌吸收器等元件均无异常。进一步检测观察,发现热保护动作。

故障处理:调整MCC热保护开关,使其完全复位。

例7-9 数控车床失控故障

故障设备:德国产PNE 710L数控车床,采用SINUMERIK 5T数控系统。

故障现象:在正常加工过程中,随机突然出现拖板高速移动,曾发生撞坏工件和卡盘、刀架的严重事故,由早期几个月一次,发展到每天几次,出现故障时必须按急停按钮才能停止。

故障检查与分析:因为机床已经过较长时间使用,并且是自动运行,因此,故障不是出自编程和操作人员。由数控系统结构框图知,X、Z坐标移动指令,是由A板输出接到机床侧驱动板的5[#]、8[#]输入端子,如能测量这一点的电压情况,便可判断故障所在。但由于故障是随机的,测量很困难。根据故障现象分析,极有可能是机床侧驱动板接触不良引起。驱动板在机床侧以底板为基础,上有两块插件板,如图7-1所示,一块为CPU,一块为ASU,

其中 CPU 板完成驱动器的速度调节、电流限制、停车监视、测速反馈及三项同步等功能。而同步信号部分接触不良引起失控的可能性最大。该板的三项同步电源是由底板三项电源变压器通过两组插头引至该板的,是引起接触不良的关键。为此把数控柜发出模拟量移动指令的输出线,在驱动板的一侧断开 5[#]、8[#]线,用绝缘物体在机床正常通电的情况下,敲击驱动板的插头部位,此时会出现拖板高速移动故障,可断定根源就在此处。

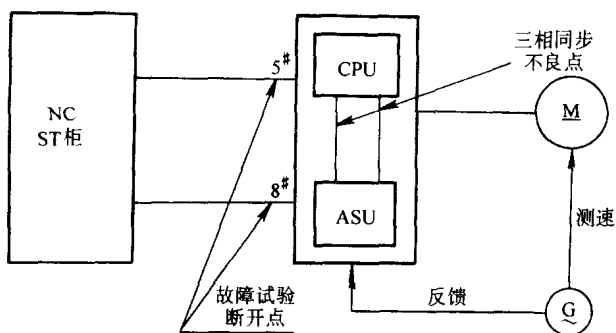


图 7-1 系统结构框图 (局部)

故障处理: 驱动板的型号为: contraves TVP VARD - YN compact ADB·190·60MAPP/VOR。为了便于维修和更换,把电路板设计成插接式,其中 CPU 板有两组多芯插头与底板 CPI 相连。实践证明,进口机床的电子元件本身损坏率极低,只要重新用连线焊接的方法,替代原插头连接式,问题便得到解决。经过焊接后的电路板,再振动也不会发生失控故障,运行一直正常。

提示: 敲击再现故障时,注意要把工件、刀具卸下,拖板移至中间位置,使之留用失控时的安全移动距离及人为紧急停车时间。失控时的移动速度极高,会出现烧掉 80A 驱动板保险的情况,因此不宜多试。本故障多发生在夏季,其插头的可靠性与环境温度、湿度有关。

例 7-10 X 轴自动抖动故障

故障设备: GF NDM25/100 全功能数控车床,采用 FANUC 6TB 数控系统,伺服系统采用全闭环控制方式。

故障现象: X 轴无进给命令自动上下抖动。

故障检查与分析: 该机床进给系统如图 7-2 所示,根据进给系统的组成,全闭环伺服控制系统框图如图 7-3 所示。

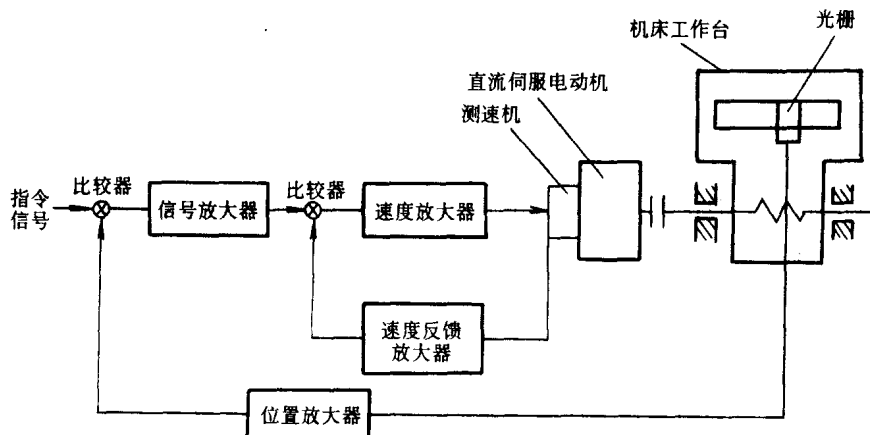


图 7-2 进给系统图

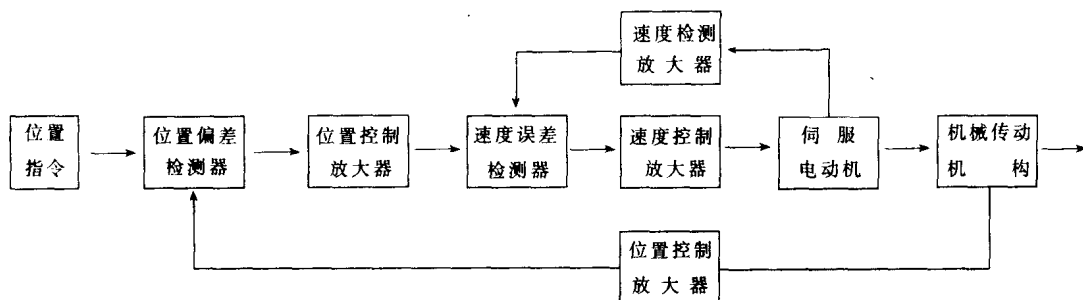


图 7-3 全闭环伺服控制系统框图

由上述系统和框图可以看出，该系统具有位置和速度两个控制环节。根据故障现象，从系统稳定性的判定条件定性分析，查光栅、速度放大、测速机、位置放大环节均正常。再观察机床工作情况，在伺服准备好状况下，X 轴无进给命令自动上下抖动，有进给命令时偶尔发生 410 跟随误差报警，故断定，问题出在机械传动部分。经查发现，X 坐标轴向定位松动。

故障处理：松动部位处理后故障排除。

例 7-11 X 轴无规律振动

故障设备：同上例。

故障现象：X 轴无规律振动。

故障检查与分析：机床在低速时触摸有振动感觉，快速时感觉不明显，加工工件尺寸正常。但在车削圆锥面时即 X 轴有插补进给时，工件表面有沟痕出现，且无任何报警。根据上例的系统和框图，应用稳定性的判定条件分析，故障不在位置环，而应在速度环。检查速度环发现测速电动机个别碳刷已全部磨损。

故障处理：更换新碳刷后，故障排除。

提示：通过上二例对全闭环直流伺服系统故障的理论分析和处理实践，可认为理论对实践的指导作用是不可忽视的。在理论指导下实践，可以减少盲目性，提高准确性，缩短维修时间。因此，理论与实践的结合是数控机床维修行之有效的方法。

例 7-12 X 轴定位不准故障

故障设备：经济型数控车床，采用南京江南机床数控工程公司的 JN 系列数控系统。

故障现象：运行中发现 X 轴定位不准。

故障检查与分析：故障发生后，重点检查 X 轴的重复定位精度，驱动 X 轴正、负方向进行重复定位，每一次的误差均在 0.1mm 以上，且连续重复几次后，误差便累计到 1mm 左右。为判断是 X 轴驱动单元故障，还是数控系统主板故障，采用交换法，将 X 轴驱动板与 Z 轴驱动板互换，结果，故障就转移到 Z 轴，而 X 轴定位恢复正常，说明故障源在 X 轴驱动板上，而不在数控系统主板上。

故障处理：更换一块新的驱动板后，故障排除。

提示：由于目前经济型数控系统已经普遍采用模块化结构，因此，对于经济型数控系统方面的故障，可采用试探交换法进行处理，这样可以迅速、准确地判明故障，从而将故障排除。

三、主轴系统故障维修实例

例 7-13 主轴高速飞车故障

故障设备：国产 CK6140 数控车床，采用 FANUC 0TE 数控系统。

故障现象：该机床主轴为 V57 直流调速装置，当电源接通时，主轴就高速飞车。

故障检查与分析：造成主轴高速飞车的原因有：①装在主轴电动机尾部的测速发电机故障；②激磁回路故障，弱磁电流太小；③速度设定错误。根据以上分析，在停电状态下，用手旋转测速发电机，测速发电机反馈电压正常，在开机瞬间，测量激磁电压也正常。而主轴给定电压测得为 14.8V（正常时最高给定电压为 $\pm 10V$ ），故初步诊断为 NC 主板硬件故障。

故障处理：该主板上给定电压有关的电路较多，除电阻、电容、二极管等常规元件外，还有很多集成电路，不可能把所有有关的线路一一分割，进行试验。但由于给定输出为 14.8V，因此怀疑是 15V 电源通过元件加到了输出上，。由于无该数控系统主板的原理图等资料，采用最基本的测电阻的方法，从外到里逐个元件测量对 15V 电源的电阻值，最终发现一块运放损坏，其输出与 15V 短接。更换后运行正常。

例 7-14 主轴运行中急停故障

故障设备：美国 CS-42 数控车床，采用 FANUC 0TB 数控系统。

故障现象：机床在运行中，主轴急停，并出现报警信息：CRT 显示 1008 SP INDLE UNIT FAULT，主轴伺服板上显示 AL-12。

故障检查与分析：从 AL-12 报警信息分析，很可能是速度控制系统主回路的直流电流过大引起，原因有三：①主轴电动机绕组短路；②主轴驱动板上逆变器用的晶体管模块损坏；③电路板故障。首先检测主轴电动机绕组，阻值正常。接着检测驱动板输出信号，发现三项输出电压信号有偏差，卸下驱动板，检测逆变送晶体管模块，发现已损坏。

故障处理：更换晶体管模块，故障排除。

例 7-15 主轴点动时运转不停，且操作失灵故障

故障设备：美国 CS-42 数控车床，采用 FANUC 0TB 数控系统。

故障现象：机床在开机点动时，主轴运转不停且操作失灵，但无任何报警信息。

故障检查与分析：操作失灵一般有两个原因：①操作面板失电；②系统内软件出现错误。此故障出现时，X 轴、Z 轴、T 转塔均可操作移动，只是主轴点动运转起来后停不下来，说明操作面板各键工作正常，故障出在主轴伺服单元的软件上。进一步分析技术资料，确定主轴伺服控制板上的 NVRAM 中软件出现错乱。

故障处理：首先利用主轴伺服控制板上的短路销设置，清除芯片现存内容，并对其进行初始化，然后依照机床设定参数，重新调整主轴速度参数后故障排除。

例 7-16 主轴速度波动故障

故障设备：济南第一机床厂 MJ-50 数控车床，采用 FANUC 0T 系统。

故障现象：机床主轴运转当中突然出现速度往下大幅度波动，从实际转速和 CRT 实际检测值显示也可以看出。故障初发时，很快又恢复正常，但一段时间后，故障重复出现，已不能继续加工，无任何报警显示。

故障检查与分析：分析故障现象，应该是主轴驱动部分有故障。用转速表检测主轴故障时实际转速与 CRT 显示值相符，但比设定值小得多（一半以上）说明检测元件没问题。打开电气柜，检查主驱动部分各指示灯无异常，再检查主电动机电缆各接线端子等，发现与主

电动机相连的 U、V、W 三项电缆中，其中有一项与主轴伺服单元的功率板连接处已烧成碳黑状。仔细观察，发现连接螺钉松开，属严重接触不良所致。由于接触不良，机床切削中遇到大的振动，接触不良加剧，阻值增大，引起发热，并伴随输出功率减小，转速下降，随着时间推移，故障越来越明显。

故障处理：将功率板取下，清除碳化部分，换下接线端子重新连接后，机床运转正常。

例 7-17 主轴转速不稳故障

故障设备：南京机床厂 TND360 数控车床，采用 TX-8 系统。

故障现象：机床开机后，前 10 分钟左右主轴速度上不去，无具体报警信号指示或显示，10 分钟后可以正常工作。一个多月后，这种现象的时间稍延长，且机床正常运行中也会出现主轴转速不稳，并出现 A16 号报警。

故障检查与分析：在机床出现故障初而无报警显示的情况下，只检查主驱动部分的主电源电压、连接电缆、焊接件、主电动机电刷及测速元件等，均正常，其他基本无从查起。出现 A16 号报警后，查报警内容为：低于最低场励磁或者运行没有准备。但机床开机后，前 10 分钟各部分运行准备正常，只是主轴速度上不去，而主轴速度与场励磁有关，所以重点检查场激磁部分。检查主轴电动机、测速发电机接线端子、电枢线圈、电刷、连接电缆等均正常。再检查场励磁部分的电源（图 7-4）。发现磁场调节部分用电源变压器原边交流 380V 正常，二次侧交流 20V 电压有波动，励磁线圈的电压也跟着波动，当励磁电压快减到 0V 时，出现 A16 号报警，因励磁线圈本身正常，所以故障应在磁场调节电源板上。

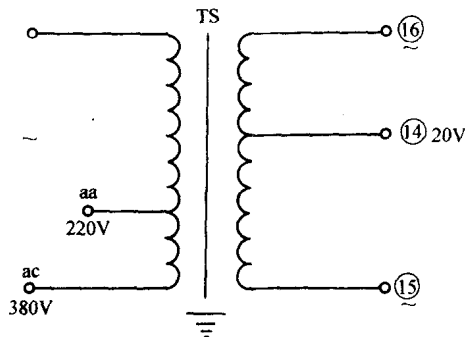


图 7-4 磁场调节电源板变压器

上。取下线路板，仔细观察测量发现变压器副边 15 脚有裂痕，用手触动，出现明显接触不良状态。

故障处理：重新焊接 15 脚，故障排除。究其原因是由于温度影响，开机 10 分钟后，焊点随温度升高而膨胀，接触良好，关机冷却后，接触不好，反复如此，工作中设备若有大的振动，故障就会出现。

例 7-18 主轴分度控制故障

故障设备：日本产 F12 数控车床，采用 FANUC 10T 数控系统。

故障现象：加工过程中，主轴不能按指令要求进行正常的分度，主轴分度控制装置上的 ERROR（错误）灯亮，主轴慢慢旋转不能完成分度。除非关掉电源，否则主轴总是旋转而不停止。

故障检查与分析：初步分析此故障多与检测主轴分度原点用的接近式开关、分度相关的限位开关等有关电器部件及机械上的传动及执行元件有关。为此，首先依照维修说明书关于该故障的排查流程图依次做检查，结果 a) 梯形图中 $y000.2=1$ ；b) 与分度相关的液压缸动作良好；c) 与分度相关的滑移齿轮啮合良好；d) 通过诊断功能检查 LSCSEL 的开关状态。DGNX1.6=0，以上均为正常状态。按流程图要求应该与制造商联系，但为慎重起见，又做了以下工作：①检查主轴分度原点接近开关，确认该开关与感应挡铁的间隙在 0.7mm 左右，符合说明书所规定的间隙在 1mm 以内的要求，但故障依然存在；②由于故障未排除，

又进一步的更换主轴分度控制装置 IDX-10A, 以及分度用步进电动机、编码器、数控箱内的 DI/DO3 A16B-1210-0322A 板等, 并检查有关的电气连线, 仍未解决问题。正当感到无从下手时, 随意将一垫铁挨在接近开关的感应端面上, 机床突然完成了主轴分度动作, 由此判断是该接近开关的灵敏度降低了。

故障处理: 将该接近开关与感应挡铁的间隙调整在 0.1mm 左右, 机床恢复正常。

提示: 数控机床维修工作中要尽量想得全面、周到、仔细、认真些。本着先简后繁、先易后难、逐步深入的原则, 避免经验主义的错误, 以免走弯路, 做无用功。

例 7-19 主轴驱动故障

故障设备: 沈阳第三机床厂 CSK3163P 数控车床, 采用 FANUC 5T 数控系统, 主轴驱动系统为湖北襄樊机床电气传动设备厂产的 KBS-Ⅲ-300A 可控硅调速系统。

故障现象: 机床接通电源后, 在手动、手动数据输入和自动状态时起动主轴, 出现主轴过流报警。

故障检查与分析: 操作者反映, 该机床在工作中突然出现主轴电动机打火, 同时主轴驱动柜的报警灯点亮, 主回路电源跳闸。主轴报警的原因很多, 诸如熔断器熔断、磁场没有电流、电流反馈回路断线、空气开关跳闸、主轴电动机有问题、继电器动作不对、主轴驱动有问题等, 都能导致主轴报警。

从主轴过流报警分析, 产生过流的原因一般有电动机过流、短路外, 还有可控硅反向击穿、逆变失败、触发电路被封锁等。对以上产生过流的原因, 采取从比较直观的部分入手, 再到比较复杂的部分一一检查。对所有的熔断器、强电电路及该机床的 NC 系统进行检查, 一切正常。测量电动机电枢绕组正常, 拆下电动机碳刷并进行处理, 将电动机整流子用纯酒精清理干净, 检查机械传动部分正常, 将电动机装好试车, 故障依旧。又对 BS-300A 可控硅调速系统进行检查, 拆下可控硅后面的连接线, 将装有可控硅整流器、散热器、脉冲传输装置、阻容吸收装置的抽屉拔出, 检查每一个可控硅元件反向击穿现象。又对其分立元件进行检查, 没有发现损坏现象。检查电流反馈回路连线正常。通过以上检查, 判断故障可能出在触发器以前的电路中, 封锁了触发脉冲, 使得系统出现主轴报警。主轴驱动结构如图 7-5 所示。

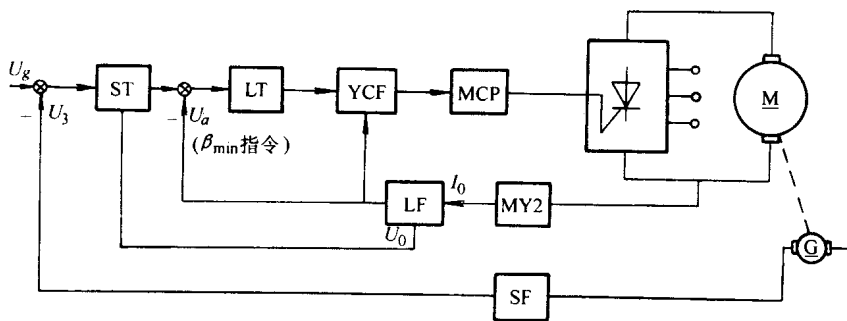


图 7-5 主轴驱动结构图

ST—速度调节器 LT—电流调节器 YCF—移动触发器 MCP—脉冲分配器
LF—电流反馈 SF—速度反馈 MY2—电流检测整流桥

以结构图为依据进行事故分析, 主轴过流时, I_0 增大, U_a 增大, 加于电流调节器 LT

输入部分,以封锁主回路控制通道。这时电流调节器 LT 输出负向限幅值,并封锁触发脉冲,同时使保护继电器 JJ 动作,接通能耗制动,使主回路电源跳闸,并将过流信号送到自饱和电路,点亮主轴过流报警灯。根据以上分析,初步判定电流反馈电路有问题。电流反馈电路是由切换逻辑开关 LK I (电压极性鉴别器)和逻辑开关 LK II (电流极性鉴别器)组成,它的作用是在无环流控制可逆线路中切换正、反组可控硅桥,其输入信号(见结构图)有两个:①极性输入信号 U_0 ,它取自速度调节器的 3 脚,并输入到 LK I 插脚 2;②零电流输入信号 I_0 ,它取自 MY2 单元电流检测整流桥输出电路的二极管 D18 两端,输入到 LK II 的插脚 19。

切换逻辑就是根据这两个信号控制正、反组可控硅的通断,而实现可逆运转和再生制动的。切换逻辑的输出有三个(见结构图):①正组触发脉冲通断电子开关(LK II 中的 BG19);②反组触发脉冲通断电子开关(LK II 中的 BG17);③ β_{\min} 指令 A,即主回路控制通道封锁信号 U_a ,此信号由 LK I 的端子 19 输出,LK I 还附有软换向装置,以减少电动机在起、制动时带来的机械冲击,软换向对减小电动机打火有一定作用。软换向指令信号由 LK I 的 4 脚输出,软换向电流波形的高度由 4W 调节,宽度由 2W、3W 调节,并且 2W、3W、4W 均位于 LK I 抽屉的面板上。

故障处理:通过以上分析,借助于示波器观察其移项触发器的波形,试调 4W,试车,观察到电动机打火明显减少,又对 4W、3W、2W 进行重新调整,使移项触发器 YCF 的波形达到图 7-6 所示的波形,再试车,故障排除。

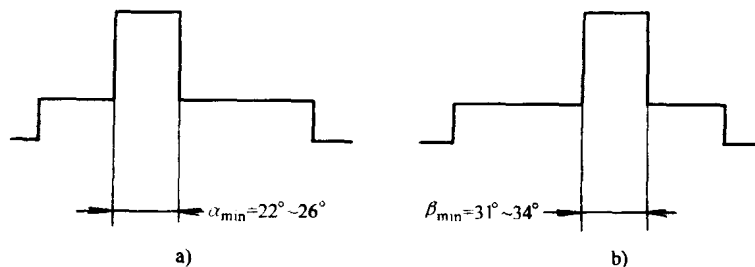


图 7-6 移项触发器 YCF 的波形

a) 给定电压未加时 b) 给定电压加上时

提示:设备的合理维护和检修是保证可靠运行的基本条件之一,本例数控车床使用多年,尽管制造厂采取了过滤等措施,但逐日积累,积存下来的灰尘还是相当可观的,由于灰尘多、工作时间长、温度较高,使得主轴驱动线路板上的某些元件参数漂移,造成事故。这说明设备的定期清扫是十分必要的。

四、刀架系统故障维修实例

例 7-20 刀架转动不到位故障

故障设备:德国产双工位专用数控车床,采用 SINUMERIK 810T 数控系统。

故障现象:最初发生故障时,是在机床工作两三个小时之后,在自动加工换刀时,刀架转动不到位,这时手动找刀,也不到位。后来在开机确定零号刀时,找不着零号刀,确定不了刀号。

故障检查与分析:刀架计数检测开关、卡紧检测开关、定位检测开关出现问题都可以引

起这个故障。但检查这些开关，并没有发现问题，调整这些开关的位置也没能消除故障。刀架控制器出现问题也会引起这个故障，但更换刀架控制器也没能消除故障。仔细观察发生故障的过程，发现在出现故障时，NC 系统产生 6016 号报警“SLIDE POWER PACK NO OPERATION”。该报警指示伺服电源没有准备好。分析刀架的工作原理，刀架的转动是由伺服电动机驱动的，而刀架转动不到位就停止，并显示 6016 伺服电源不能工作的报警，显然是伺服系统出了问题。西门子 810 系统的 6016 号报警为 PLC 报警，通过分析 PLC 的梯形图，利用 NC 系统的 DIAGNOSIS 功能，发现 PLC 输入 E3.6 为 0，使 F102.0 变 1，从而产生 6016 号报警，如图 7-7 所示。

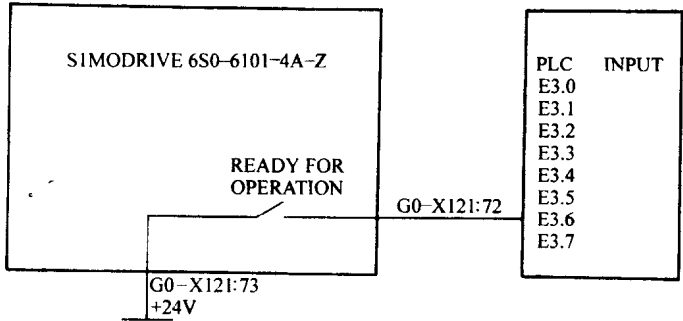


图 7-7 6016 号报警局部梯形图

PLC 的输入 E3.6 接的是伺服系统 GO 板的“READY FOR OPERATION”信号，即伺服系统准备操作信号，该输入信号变为 0，表示伺服系统有问题，不能工作。检查伺服系统，在出现故障时，N2 板上报警灯亮，指示过载。引起伺服系统过载的第一种可能为机械设备出现问题，但检查机械部分并没有发现问题；第二种可能为伺服功率板出现问题，但更换伺服功率板，未能消除故障；第三种可能为伺服电动机出现问题，对伺服电动机进行测量并没有发现明显问题，但与另一工位刀架的伺服电动机交换，这个工位刀架的故障消除，另一工位刀架出现故障，为此确认伺服电动机的问题是导致故障的根本原因。

故障处理：换上备用伺服电动机，机床正常。

例 7-21 刀架转位不正常故障

故障设备：济南第一机床厂产 MJ-50 数控车床，采用 FANUC 0TE 数控系统。

故障现象：机床调试过程中，无论手动、MDI 或自动循环，刀架有时转位正常，有时出现故障，刀架不锁紧，同时“进给保持”灯亮，刀架停止运动。

故障检查与分析：该转位刀架是济南第一机床厂专利产品，是由液压夹紧、松开，由液压马达驱动转位的，因此认为刀架机械问题无根据。分析转位刀架 PLC 控制程序有问题，尤其是刀架控制程序中延时继电器的时间设定不当，有可能出现这种故障。因为刀架装上刀具以后，各刀位回转的时间就不一样了，有可能延时时间满足了回转较快的刀位，而满足不了回转较慢的刀位，出现刀架转位故障。但这种故障应该是有规律性的，而这台机床转位刀架故障却找不到这种规律。

根据转位刀架出现故障时，“进给保持”灯亮这一点，从 PLC 梯形图上分析，反推故障点，但查不到原因。机床厂两年前提提供的 PLC 梯形图上，“进给保持”灯与转位刀架故障信号无关。显然，机床厂提供的 PLC 程序梯形图与机床实际控制程序不符。由于梯形图与实

际控制程序不符,无法分析,只能完全靠 I/O 诊断画面来分析故障原因。在反复手动刀架转位中,逐渐找到了规律,那就是奇数刀位很少出故障,故障大都发生在偶数刀位且无规律可循。为此,重点调看刀架奇偶校验开关信号 X14.3,发现在偶数刀位时,奇偶校验开关信号 X14.3 时有时无,于是断定找到了故障原因。因为刀架设计为偶数奇偶校验,在偶数刀位时,如果奇偶校验开关信号 X14.3 有信号,奇偶校验通过,刀架结束转位动作并夹紧,如果 X14.3 无信号,则奇偶校验出错,发出报警信号,“进给保持”灯亮,刀架不能结束转位动作,保持松开状态。而在奇数刀位不受奇偶校验影响,因而转位正常。

故障处理:拆开转位刀架后罩,检查奇偶校验开关及接线均正常,接着检查由开关到数控系统 I/O 板的线路,发现箱内接线端子板上 X14.3 导线与端子压接不良,导线在端子内是松动的,重新压好端子,故障排除,刀架转位正常。

例 7-22 加工中刀具损坏故障

故障设备:经济型数控车床,采用南京江南机床数控工程公司 JN 系列数控系统,刀架为常州市武进机床数控设备厂为 JN 系列数控系统配套生产的 LD4-I 型电动刀架。

故障现象:加工过程中,刀具损坏。

故障检查与分析:检查机床 NC 系统,X、Z 轴均工作正常。检查电动刀架,发现当选择 3 号刀时,电动刀架便旋转不停,而在 1、2、4 号位置均选择正常。采用交换法,将 1、2、4 号刀的控制信号任意去控制 3 号刀,3 号刀位均不能定位,而 3 号刀的控制信号却能控制 1、2、4 任意刀号,故判断是 3 号刀失控。由于 3 号刀失控,导致加工过程中刀具损坏。根据电动刀架驱动电气原理检查 +24V 电压正常,1、2、4 号刀所对应的霍尔元件正常,而 3 号刀所对应的霍尔元件不正常。

故障处理:更换不正常的霍尔元件,故障排除。

提示:在电动刀架中,霍尔元件是一个关键的定位检测元件,它的好坏对于电动刀架准确地选择刀号完成零件加工有十分重要的作用。因此,对于电动刀架的定位故障,首先应考虑检查霍尔元件。

例 7-23 加工尺寸不能控制故障

故障设备:同上例。

故障现象:在产品加工过程中,发现有加工尺寸不能控制的现象,操作者每次在系统中修改参数后,数码显示器显示的尺寸与实际加工出来的尺寸相差悬殊,且尺寸的变化无规律可循。即使不修改系统参数,加工出来的产品尺寸也在不停地变化。

故障检查与分析:该机床主要进行内孔加工,因此,尺寸的变化主要反应在 X 轴上。为了确定故障部位,采用交换法,将 X 轴的驱动信号与 Y 轴的驱动信号进行交换,故障依然存在,说明 X 轴的驱动信号无故障,也说明故障源应在 X 轴步进电动机及其传动机构、滚珠丝杠等硬件上。检查上述传动机构、滚珠丝杠等硬件均无故障。进一步检查 X 轴轴向重复定位精度也在其技术指标之内。是何原因产生 X 轴加工尺寸不能控制呢?思考检查分析故障的思路,发现忽略了一个重要部件——电动刀架。

检查电动刀架的每一个刀架的重复定位精度,故障源出现了,即电动刀架定位不准。分析电动刀架定位不准的原因,若是电动刀架自身的机械定位补助不准,故障应该是固定不变的,不应该出现加工尺寸不能控制的现象,定有其他原因。检查电动刀架的转动情况,发现电动刀架抬起时,有一铁屑卡在那里,铁屑使刀架定位不准,这就是故障源。

故障处理：拆开电动刀架，用压缩空气将电动刀架定位齿盘上的铁屑吹干净，重新装配好电动刀架，故障排除。

提示：在经济型数控机床中，电动刀架定位齿盘内常会进入一些细小的铁屑，这些铁屑在定位盘内是随着电动刀架的转动而移动的。因此，在故障现象的反应上就表现为加工尺寸变化不定。对此故障的预防，就是要定期对电动刀架进行清洁处理，包括拆开电动刀架，对定位齿盘进行清扫，才能保证机床正常工作。

例 7-24 刀架旋转失控故障

故障设备：瑞士 SCHAUBLIN 110 数控车床，采用 FANUC 0TC 数控系统。

故障现象：加工中突然出现转塔刀架旋转失控现象，发生故障时，转塔刀架可能旋转多圈而不能停止到位，且故障时有时无，没有规律。故障时，有时会显示 444 号（提示内容为第四轴伺服系统故障）或 410 号（提示内容为第四轴停止位置偏差大于程序设定值）报警。在手动状态下进行时，每点动一下，转塔刀架往往连续运转多步而不停，不论正反向均如此。随着时间的增加，故障的机率增加很快，只能偶尔正常工作。

故障检查与分析：根据有时出现 444 号报警和 410 号报警，可确定为转塔刀架运动系统故障。经过现场仔细观察，发现转塔刀架正常工作的一个全过程为：①接收到转位信号；②转塔刀架弹起；③转过一个刀位（仍在弹起状态）；④转塔刀架落下复位（准备执行下一个转位动作）。而故障状态下的运行过程为：①接收到转位信号；②转塔刀架弹起；③转过多个刀位一直不落下复位。

根据故障现象分析，不论有无故障发生，转塔刀架转位信号的接收都是正常的，且与转塔刀架旋转方向无关。同时观察到在走参考点时，PLC X3073.0 显示正常，因此可以排除参考点传感器 SB141、转塔刀架旋转方向控制（仅在手动状态下有效）和转塔刀架转位信号的传输故障，应把重点放在与转位动作有关的几个元件上。

由于该故障时有时无，正好有可能提供正常和异常两种情况下的信号状态，因此采用传统的方法，即观察 PLC 中各元件的信号显示来帮助确定故障部位。表 7-1 列出了转塔刀架各转位元件在上述两种情况下的信号状态。

表 7-1 转塔刀架各转位元件的信号状态

工作状态 \ 转塔动作	转塔弹起	旋转（弹起状态）	吸进复位
正常	X3073.4 = 1 X3073.5 = 0 Y3206.1 = 1	X3073.4 = 1 X3073.5 = 0 Y3206.1 = 1	X3073.4 = 0 X3073.5 = 1 Y3206.1 = 0
异常	X3073.4 = 1 X3073.5 = 1 Y3206.1 = 0	X3073.4 = 1 X3073.5 = 1 Y3206.1 = 0	X3073.4 = 1 X3073.5 = 1 Y3206.1 = 1

从表 7-1 中可以看到，在转塔刀架弹起和旋转两个动作中，正常和异常的信号状态区别在于 X3073.5（SB143）和 Y3206.1（YV243）两个元件均处于异常情况，而 YV243（电磁阀）是一个输出执行元件，它的动作受输入元件（SB143）的状态控制。所以关键在于确认 SB143（转塔刀架锁定传感器）的工作状态是否正常。拆下转塔刀架端子板 X81 的上盖板

上的四只螺钉,卸下盖板,可见到转塔刀架的三个位置传感器 SB141、SB142、SB143 和接线端子 X81。在手动状态下点动转塔刀架,可观察到三只位置传感器根部的 LED 显示,判断出其工作基本正常(只是 SB143 在输出高电平时 LED 显示较亮,而输出低电平时 LED 显示较暗一些)。为进一步确定,用万用表测量接线端子 X81 上的 2、5 两端电平,发现当 SB143 上 LED 显示较暗时其 5 端输出仍为高电平(正常状态低电平输出时 LED 显示应不发光而不是较暗)。至此可以判定 SB143 工作异常,拆下 SB143 检查,证实确已损坏。由于 SB143 工作异常,其失效时,输出不受机床动作的控制而一直输出高电平,这就迫使 YV243 长期通电不能释放,导致转塔刀架不能落下复位。

故障处理: 更换 SB143 后,故障排除。

第二节 数 控 铣 床

一、CNC 系统故障维修实例

例 7-25 CRT 不显示故障

故障设备: 北京第一机床厂产 XK5040-1 型数控立铣,采用 FANUC 3T 数控系统。

故障现象: 机床通电开机后,CRT 无显示。

故障检查与分析: CRT 显示电路与普通黑白电视机显示电路相差无几,根据维修手册,首先检查 CRT 高压电路、行输出电路、场输出电路及 I/O 接口,以上部位均无异常,并且,该机床除 CRT 不显示外,各种加工程序和动作均正常。从以上检查情况分析,该故障可能发生在数控系统内部。使用仪器检查,发现 PC-2 模板上 CRT 视放电路无输出电压,怀疑是 PC-2 模板内部故障。采用交换法,用相同功能模板 PC-2 替换怀疑有故障的 PC-2 模板,CRT 恢复显示。

故障处理: 更换 PC-2 模板,故障排除。

例 7-26 过载报警和机床爬行故障

故障设备: 日本三井精机产数控铣床,采用 FANUC 6M 数控系统。

故障现象: 过载报警和机床有爬行现象。

故障检查与分析: 引起过载故障的原因可能有:①机床负荷异常;引起电动机过载;②速度控制单元上的电路板设定错误;③速度控制单元的电路板不良;④电动机故障;⑤电动机的检测部件故障等。最后检查确认是电动机不良引起的。对机床爬行现象,先从机床着手寻找故障原因,检查机床进给传动链没有问题。对加工程序进行检查时发现:工件的曲线加工是采用细微分段圆弧逼近来实现的,在编程时采用了 G61 指令,即每加工一段就要进行一次到位停止检查,从而使机床出现爬行现象。

故障处理: 排除电动机故障,并将 G61 指令改用 G64 指令(连续切削方式),故障消除。

例 7-27 手摇脉冲发生器故障

故障设备: 数控铣床,采用 FANUC 6M 数控系统。

故障现象: 当用手摇脉冲发生器使两个轴同时联动时,出现有时能动、有时却不能动的现象,在能动时,CRT 的位置显示画面也不变化。

故障检查与分析: 发生这种故障的原因有手摇脉冲发生器故障、连接故障或主板故障等

多种原因。为此,一般先调用诊断画面,检查诊断号 DGN100 的第 7 位的状态是否为 1,即是否处于机床锁住状态。但在本例中,由于转动手摇脉冲发生器时 CRT 的位置显示画面不发生变化,不可能是因机床锁住状态致使进给轴不移动,所以可不检查此项。可按下述步骤进行检查:①检查系统参数 000~005 号的内容是否与机床生产厂家提供的参数表一致;②检查互锁信号是否已被输入(诊断号 DGN096~DGN099、DGN119 号的第四位为 0);③方式信号是否已被输入(DGN105 号第一位为 1);④检查主板上的报警指示灯是否点亮;⑤如以上几条都无问题,则集中力量检查手摇脉冲发生器和手摇脉冲发生器接口板。最后发现手摇脉冲发生器接口板上 RV05 专用集成块损坏。

故障处理: 调换损坏的 RV05 专用集成块,故障排除。

例 7-28 数控系统运行中断且无报警故障

故障设备: XK715F 数控铣床,采用 FANUC 7CM 数控系统。

故障现象: 机床自动或手动运行约 15 分钟,系统即发生中断,无报警显示。停机一段时间重新开机,又能工作数分钟,然后故障重现,系统无法正常工作。

故障检查与分析: 数控系统运行中断且无报警信号,一般是 CPU 控制系统异常。查位控板(01GN710),发现 PCB 上 LED 故障显示发光,提示位控板或 CPU 及其连接电路发生故障。经查连接电路无异常,更换位控板后故障仍存在,推断 CPU 板(01GN700)有故障。经分析,由于 NC 能正常工作十多分钟,估计是板上某个元器件存在热稳定性差的问题。经开数控柜门,采用风冷散热后试机,NC 果然能延长工作达数小时。采用测温及降温法,确诊故障部位在 CPU 板上的 ROM 存储器集成电路(型号 MB7122E)。

故障处理: 更换 ROM 上热稳定性差的集成电路,故障排除。

二、伺服系统故障维修实例

例 7-29 X 轴漂移故障

故障设备: 意大利 BTM-4000 数控仿形铣床,采用意大利 FEDIA CNC 10 数控系统。伺服采用西门子公司产品。

故障现象: X 轴按指令停在某一位置时,始终停不下来。

故障检查与分析: 故障发生时,出现大约 ± 0.0007 振幅偏差,而这种振动的频率又较低,直观地可以看到丝杠在来回旋动。根据以上情况,初步断定这不是控制回路的自激振荡,有可能是定尺(磁尺)和动尺(读数头)之间有误差所引起。经调整定尺和动尺之间的配合间隙,情况大有好转。

故障处理: 重新调整定尺和动尺之间的配合间隙,同时配合调整了机床的静态几何精度,故障消除。

提示: 维修时遇到问题要仔细分析,若盲目地去调整增益或反馈信号或修改参数,也许会导致故障的扩大。

例 7-30 Z 轴伺服单元故障

故障设备: 长征机床厂产 RAM 8 数控铣床,采用辽宁精密仪器厂数控中心开发的 LJ-10AM 铣削机床用数控系统,直流伺服单元为 FANUC-BESK。

故障现象: Z 轴伺服准备接触器不能吸合,产生 OVC 报警。

故障检查与分析: 查 FANUC-BESK 直流伺服单元维修说明书,OVC 报警有如下内容:①异常负载检测报警(由 RV12 设定);②电动机负载过重;③电动机的运行有振动倾

向；④交流输入电压过低。对上述报警内容进行分析，②、③项因伺服准备好接触器 MCC 未吸合，故不存在电动机负载过重和电动机的运行有振动倾向的问题。对于④项，用万用表检查交流电压正常，也予以排除，遂将检查重点放在①项上。

根据 FANUC-BESK 直流伺服单元电路原理，首先对 RV12 进行了重新调整，不能排除故障。后又将 Z 轴伺服单元的熔断器撤除，通电后 OVC 报警消失，MCC 吸合。通过上述检查，将故障压缩到可控硅主回路及直流电动机等部位。用万用表测电动机电枢和励磁均正常，且电动机转动灵活，不存在堵转现象。这样一来，就将故障点压缩到可控硅主回路上。检查可控硅模块，发现 V 相对 D1 点已经击穿。

故障处理：更换新模块，OVC 报警消失，直流电动机恢复正常。

例 7-31 伺服电路板故障

故障设备：数控铣床，采用 FANUC 3M 数控系统。

故障现象：机床在加工或快速移动时，X 轴与 Y 轴电动机声音异常，Z 轴出现不规则抖动，并且当主轴启动后，此现象更为明显。

故障检查与分析：从表面上看，此故障属干扰所致，但分别对各个接地点和机床所带的浪涌吸收器作了检查，并作了相应的处理，启动机床并没有好转。又检查了各轴的伺服电动机和反馈部件，均未发现异常。又检查了各轴的 NC 系统的工作电压，都满足要求。只好用示波器查看各个点的波形，发现伺服电路板上整流块的交流输入电压波形不对，往前检查，发现一输入匹配电阻有问题，取下后测量，阻值变大。

故障处理：换上相应电阻后，机床运行正常。

例 7-32 交流进给伺服单元故障

故障设备：法国产 SH1600B 数控铣床，经全面技术改造，数控系统采用 SINUMERIK 820M 系统，坐标进给采用西门子 611A 交流伺服系统。

故障现象：加工零件切削量稍大时，机床向 +Y1 方向间歇窜动，并显示 1041 报警（内容为：Y1DAC limit），但可用 RESET 键消除。后来发展到只要系统开机就报警，各坐标不能移动。

故障检查与分析：由于机床新近改造，并且是在自动运行状态，故首先排除编程或操作失误的可能性。因 Y1 方向窜动，先查看 Y1 坐标的伺服驱动系统。打开伺服柜，发现伺服坐标 Y1 的 A 灯报警，初步判断是伺服故障。用交换法将 Y1 的伺服驱动与 Z1 的伺服驱动调换，重新送电，启动机床，发现伺服坐标 Y1 的 A 灯报警消失，而伺服坐标 Z1 的 A 灯报警，由此可见，此伺服故障属于外部故障。

故障处理：打开 Y1 的电动机防护罩检查，发现与 Y1 伺服电动机连接的位置反馈电缆插头松动，将松动插头扭紧，故障排除。

三、主轴系统故障维修实例

例 7-33 低速启动时主轴抖动故障

故障设备：RAM 8 数控铣床，采用 LJ-10AM 数控系统，主轴系统为台湾生产的交流调速器。

故障现象：机床低速启动时，主轴抖动很大，高速时却正常。

故障检查与分析：首先检查机械传动部分，确认没有故障，将检查点放在交流调速器上。将交流调速装置的输出端与主轴电动机分离，在机床主轴低速启动信号控制下，用万用

表检查交流调速装置的三相输出电压,测得三相输出端电压参数分别为:U相 50V;V相 50V;W相 220V。旋转调速电位器 U、V 两相电压值能随调速电位器的旋转而变化,W 相则不变。说明交流调速器的输出电压不平衡,W 相失控,从而导致 主轴电动机在低速时三项输出电源电压不平衡产生主轴抖动,高速时主轴却运转正常的现象。

根据交流变频调速装置的工作原理分析,该装置除驱动模块输出为强电外,其余电路均为弱电,且 U、V 两相能被控制,因而可认为交流调速装置的控制系統正常,产生交流电输出电压不平衡的原因是变频器驱动模块有故障。将驱动模块上的引出线全部拆除,用万用表检查该驱动模块各级,发现驱动模块的 W 端已导通,即 W 相晶体管的集电极与发射极已短路,造成 W 相输出电压不能被控制。

故障处理: 更换损坏的模块,故障排除。

例 7-34 主轴控制电流自动掉闸故障

故障设备: 意大利 BTM-4000 数控铣床,采用意大利 FEDIA CNC10 数控系统。

故障现象: 在 X 轴与 Y 轴联动工作时中,当主轴执行 M03 指令时,突然出现 V24 控制电流自动掉闸现象。

故障检查与分析: 故障发生时,CRT 显示 CNC 038 SPINDE IDRTM SET FATAL ERROR,初始判断为主轴运行参数发生了变化,先将内存全部清除,重装了一次系统及主轴参数。但机床启动运行不到半小时又出现上述故障,同时数控柜内主轴伺服板伴随出现 F26 提示:Current cannot be reduced。针对这一信息,又检查主轴伺服板到电动机间的连线及伺服板的供电电源,都未发现异常。故分析有可能是测速发电机碳刷瞬间接触不良,丢失反馈信号所致。

故障处理: 拆洗测速发电机,修整了碳刷后,故障消除。

第三节 加工中心

一、CNC 系统故障维修实例

例 7-35 立卧转换动作中断故障

故障设备: 德国产 MH800G 镗铣加工中心,采用非力普公司 CNC5000 数控系统。

故障现象: 执行 M53 指令时,立卧转换动作中断。出现报警 E116 “TOOL CHANGE POS ZNCORR·AT MAG·RUN”(刀库运行时换刀位置不正确)。

故障检查与分析: CNC 执行 M53 指令时,正常情况下,完成 X、Y、Z 回零到位,换刀机械手臂移出,夹手张开,立铣头摆动等等,直到机床各动作的初始复位,立卧转换过程完毕。现不能连续完成,中途停止,原因有三点,一是机械故障,二是反馈信号中断,三是 RAM 随机存取存储器程序丢失。检查时先用手推压液压阀芯,用每一机械动作完成到位的方法检查机械动作的分解过程,结果机械部分正常。测量反馈信号均正常,判断故障是 RAM 程序丢失造成。

故障处理: 逐项把 RAM 存储器中的内容传出暂存在微机中,拆掉 CNC 存储器后备电池连线,更换电池,再接好电池连线,把程序重新装入存储器,机床恢复立卧转换功能。

例 7-36 CNC 电源无输出故障

故障设备: 青海一机床厂产 XH754 加工中心,采用美国 A/B 8400 数控系统。

故障现象：机床送电，CRT无显示，查NC电源+24V、+15V、-15V、+5V均无输出。

故障检查与分析：由于没有图样资料，只能用按电路板上的元件、印刷线路边测量、边绘制原理图的方法逐步从电源的输入端开始查起，当查到保险后的电噪声滤波器时发现性能不良，拆开噪声滤波器外壳，发现里面已烧焦。

故障处理：更换损坏的噪声滤波器，故障排除。

二、伺服系统故障维修实例

例7-37 X轴不执行自动返回参考点动作故障

故障设备：国产JCS-018立式加工中心，采用北京机床研究所FANUC BESK 7M数控系统。

故障现象：加工程序完成后，X轴不执行自动返回参考点动作，CRT上无报警显示，机床各部分也无报警显示，但手动X轴能够移动，将X轴用手动方式移至参考点后，机床又能正常加工，加工完成后又重复上述现象。

故障检查与分析：由于将X轴用手动方式移至参考点后机床能正常加工，可以判断NC系统、伺服系统无故障。考虑故障应发生在X轴回参考点的过程中，怀疑故障与X轴参考点的参数发生变化有关。然而，当在TE方式下，将地址为F的与X轴参考点有关的参数调出检查，却发现这些参数均正常。从数控机床的工作原理可知，轴参考点除了与参数有关外，还与轴的原点位置、参考点的位置有关。检查机床上X轴参考点的限位开关，发现其已因油污而失灵，即始终处于接通状态。故加工程序完成后，系统便认为已回到了参考点，因而X轴便没有返回参考点的动作。

故障处理：将该限位开关清洗、修复后，故障排除。

例7-38 X轴在移动中速度不稳故障

故障设备：德国TC1000卧式加工中心，采用SINUMERIK 850M数控系统。

故障现象：该机床工作台的移动为X轴，移动中发生颤抖现象。

故障检查与分析：该机床各轴指令值、跟随误差、瞬时速度等均可通过屏幕观察。经仔细观察，X轴移动中的颤抖发生在该轴的任何位置。但只要在移动时加一反向推力，颤抖将显著减少。分析认为电气控制系统存在故障的可能性较小，重点检查X轴的机械传动部件，发现滚珠丝杠螺母副存在较大的轴向间隙，同时由于预紧力太小，移动中必然发生颤抖现象。

故障处理：将滚珠丝杠螺母副的轴向间隙消除，并调整适当的预紧力，故障排除。

例7-39 X轴运行中抖动故障

故障设备：美国T-30加工中心，采用ACRAMATIC 950 (A950)数控系统。

故障现象：机床在工作过程中，当X轴以G00的速度运动时，机床抖动得厉害，而且加工过程中，随着进给倍率增加，机床也有抖动感，但CRT没有任何报警信息。

故障检查与分析：首先确认伺服驱动单元并没有任何报警，初步怀疑反馈环节有问题，造成系统超调、振荡，在MDI状态下，输入指令G01 X100 F200，此时观察X轴移动时动态跟随误差 $S \approx 115\text{mm}$ ，增益K约为1.7，原设定值1.5，偏高14%，有轻微抖动，连续按下屏幕上的“增益-”使动态增益降至1.5，此时显示动态跟随误差为133mm左右，抖动消失，观察X轴静止状态时，静态跟随误差 $0 \pm 1\text{mm}$ ，属正常范围，再以G00速度移动X轴，抖动已无明显感觉。经过几天运转发现，虽然抖动现象消失，但X轴响应速度明显减

慢, 拆下 X 轴护罩, 检查电动机传动部分发现, X 轴导轨侧面有一辊式滚动块损坏, 造成 X 轴运动阻力增大, 电动机转速降低, 位置反馈跟踪慢, 造成数字调节器净输入信号过大引起系统振荡, 故障产生。

故障处理: 更换新滚动块并调整后, X 轴运行平稳。

例 7-40 Y 轴移动位置偏差量大于报警设定值故障

故障设备: 台湾 MCH500 卧式加工中心, 采用 FANUC 0M 数控系统。

故障现象: 加工过程中出现 AL421 报警, 即 Y 轴移动中的位置偏差量大于报警设定值。

故障检查与分析: 该加工中心采用闭环控制方式。以安装于导轨侧和立柱上的光栅尺为位置测量元件, 其输出的位置测量信号为系统位置环的反馈信号, 系统控制以位置环为外环; 安装于伺服电动机端部的旋转编码器为角度测量元件, 其输出信号为控制系统速度环的反馈信号, 速度环为系统控制的内环。伺服电动机和滚珠丝杠通过联轴器直接联接。根据该机床的控制原理和机床传动联接方式, 初步判断出现 AL421 报警的原因是 Y 轴联轴器联接不良。经检查, 发现联轴器联接螺钉有一点松动。

故障处理: 紧固 Y 轴传动系统中所有的紧定螺钉后, 故障排除。

例 7-41 Z 轴抖动故障

故障设备: 德国 TC1000 卧式加工中心, 采用 SINUMERIK 850M 数控系统。

故障现象: 机床 Z 轴 (立柱移动方向) 因位置环发生故障, 在移动 Z 轴时立柱突然以很快的速度向反方向冲去。位置检测回路修复后 Z 轴只能以很慢的速度移动 (倍率开关置 20% 以下), 稍加快点 Z 轴就抖动, 移动越快抖动越严重。

故障检查与分析: 先是考虑伺服系统有故障, 但更换伺服驱动装置和速度环等器件均告失效。由于驱动电动机有很多保护环节, 暂不考虑其有故障, 进而怀疑机械传动有问题。通过检查润滑、轴承、导轨、导向块等均良好; 且用手转动滚珠丝杠, 立柱移动也轻松自如; 滚珠丝杠螺母与立柱联接良好; 滚珠丝杠螺母副也无轴向间隙。预紧力适度, 进而怀疑在位置环发生故障时, 由于撞车时速度很快, 滚珠丝杠承受的轴向力很大, 可能引起滚珠丝杠弯曲。低速时由于转矩和轴向力都不大, 所以影响不大, 而高速时由于转矩和轴向力都较大, 加剧了滚珠丝杠的弯曲, 使阻力大增, 以致使 Z 轴不稳定, 引起抖动。

故障处理: 换上滚珠丝杠备件后试车, 故障消除。经检测, 原滚珠丝杠的弯曲超过了 0.15mm/m。

例 7-42 Z 轴伺服异常故障

故障设备: 台湾 MCV 1020 加工中心, 采用 FANUC 0M 数控系统。

故障现象: 加工过程出现 AL434 报警, 即 Z 轴伺服异常。

故障检查与分析: 查维修手册, 434 号报警表示 Z 轴伺服异常, 详细内容可检查诊断号 DGN722。通过检查诊断号 DGN722, 发现当 Bit 2 变 1, 即出现 DCAL 报警。按 RESET 键, 报警消失, 机床正常。但工作一段时间后又出现 AL434 报警, 工作时间长短无规律。分析 DCAL 报警主要原因有: ①再生放电晶体不良或伺服放大器板故障, 可通过是否在电源开关接通后立即出现 AL434 报警确认; ②伺服放大器功能开关设定错误; ③加减速频率太高; ④分离式再生放电单元联接不良。根据报警时有时无, 考虑该机床使用时间不长的实际情况, 检查伺服放大器功能开关设定及加减速频率参数没变, 故怀疑是再生放电单元联接不良

引起 AL434 报警。拆下 Z 轴伺服放大器，逐个紧定压线螺钉，发现再生放电电阻的压线螺钉松动。

故障处理：紧定松动的螺钉，复原电路后，机床故障排除。

例 7-43 W 轴在停止状态下抖动故障

故障设备：德国 TC800 卧式加工中心，采用 SINUMERIK 850M 数控系统。

故障现象：机床使用一年后发现，在停止状态下刀链（W 轴）来回小范围内抖动。开始时不很严重，后来越来越厉害并报警停机。

故障检查与分析：该轴的驱动采用交流伺服系统，位置检测为角度脉冲发生器。抖动发生时，测量伺服驱动的指令值，发现输入电压值“+”“-”不断变化，与抖动周期一致。从屏幕上也发现 W 轴的实际位置也不断地增减变化，这说明位置反馈是好的。在 NC 系统、伺服系统、电动机这几个环节哪一个有故障呢？首先考虑到的是零点漂移，但经调整无效。由于该系统是闭环控制，各环节互相控制、互相制约，分析起来复杂。从理论上考虑，闭环系统开环增益过大，系统的稳定裕量就小，由于系统某些原因引起参数发生变化或干扰，将造成系统振荡或不稳定。因此确定 W 轴抖动的原因是元件老化，系统参数发生变化，而伺服系统回路的增益太大。因此决定从修改参数入手来处理。

故障处理：经几次调整参数，最后将 NC 机床参数 2604（W 轴多项增益）从 25500 改为 15000 后，抖动立即停止，为使系统有比较高的性能和较宽的稳定裕量，经多次试验将该参数定为 20000。从此刀链一直正常运行，故障排除。

例 7-44 过电流报警故障

故障设备：台湾产 KMC-300 SD 龙门式加工中心，采用 FANUC 15MA 数控系统。三个坐标轴的驱动是 FANUC 交流伺服系统。

故障现象：CNC 上电起动完成后，伺服系统一进入准备状态，立即出现 SV003 报警，内容如下：Y AXIS EXCESS CURRENT IN SERVO，打开控制电柜门，观察 X、Y、Z 三个伺服放大器的状态，发现 Y 轴伺服单元的控制板上的过电流报警灯 HC（红色）点亮。意思是 Y 轴伺服放大器的 DC（直流）回路出现过电流。

故障检查与分析：采用 SPWM 技术的交流伺服系统主回路结构，如图 7-8 所示。

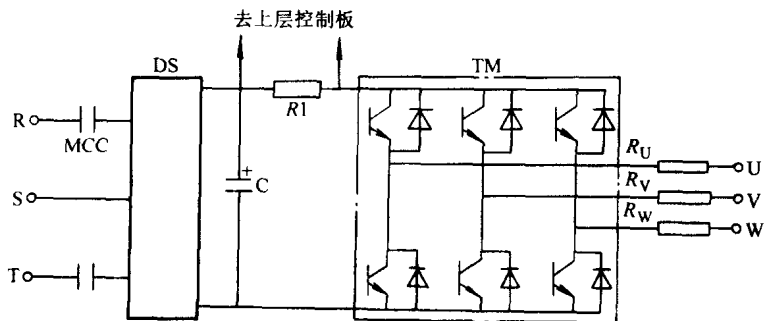


图 7-8 交流伺服系统主回路结构图

左边一组三相整流桥 DS 将 R、S、T 三相电源整流成直流电，经电容 C 滤波后给逆变桥 TM 提供逆变电源，这部分就是 DC 回路。R1 电阻是直流回路的直流采样电阻， R_U 、 R_V 、 R_W 是交流回路的采样电阻。

从报警信息知,故障在 Y 轴驱动器或伺服电动机上。首先在伺服电动机端子上拆除 U、V、W 三根线,重新启动系统,故障依然存在,说明问题不在伺服电动机上。在恢复 Y 轴伺服电动机接线后,将 Y 轴和 Z 轴的伺服控制板交换,HC 报警随之移到 Z 轴,至此故障定位在 Y 轴控制板上。

参看图 7-8,故障可能出现在以下环节:①电路板上与“直流回路采样电阻 R1 相关”的电流检测、反馈部分损坏;②逆变桥大功率晶体管 GTR 的驱动回路损坏。使用 BW4040 在线测试仪的 VI 曲线分析功能,同时进行 Y 轴故障板和 Z 轴正常板的相关节点比较,很快找到了故障原因:有两个驱动 GTR 的厚膜集成电路(型号 DV47 HA6640)损坏。从图 7-8 可以看出,它使同一列中的两个 GTR 同时导通,造成直流回路短路,因而在 MCC 吸合给主回路加电时,在 DC 回路中产生过电流,伺服控制板检测到报警后,自身的报警逻辑即自动切断 MCC。

故障处理:更换两个损坏的厚膜集成电路 DV47 HA6640 后,故障排除。

三、工作台故障维修实例

例 7-45 工作台不能移动故障

故障设备:匈牙利 MKC-500 卧式加工中心,采用 SINUMERIK 820M 数控系统。

故障现象:工作台不能移动,7020 号报警。

故障检查与分析:查机床使用说明书,7020 号报警为工作台交换门错误,检查工作台交换门行程开关未发现异常,在 CRT 上调用机床 PLC 输入/输出接口信息表可以看出 E10.6、E10.7 为“0”。在正常情况下 E10.6 应为“1”,而 E10.6 正是工作台交换门行程开关之一。对应机床 PLC 输入/输出信息来上 E10.6 进行检查,发现 SQ35 行程开关压得不好,即接触不良,以致造成故障报警。

故障处理:将 SQ35 行程开关修理后,故障排除。

例 7-46 旋转工作台在升降或旋转过程中,发生奇数定位正确,偶数定位不准故障

故障设备:匈牙利 MKC-500 卧式加工中心,采用 SINUMERIK 820M 数控系统。

故障现象:旋转工作台在升降或旋转过程中,发生奇数定位正确,偶数定位不准,机床无任何报警。当定位不准时,将工作台重新升降一次后,定位又准确了,机床又能继续工作。

故障检查与分析:根据故障现象,怀疑是旋转工作台电动机上的旋转编码器松动或定位不准所造成。但反复调节旋转编码器以及修改与旋转编码器有关的参数,均不能排除故障。

该机床工作台电动机驱动系统与刀库电动机驱动系统相同,采用交换法检查,当将刀库驱动系统换到旋转工作台后,故障消除。而将旋转工作台驱动系统换到刀库后,刀库便发生找不到正确刀号的故障。通过交换检查,确定是旋转工作台驱动系统发生了故障。该驱动系统为 SIMODRIVE 611-A 进给驱动装置。通过查阅该驱动系统手册及对该驱动系统故障的分析,认为该驱动装置无硬件故障。故障的原因主要是由于长期运行后机械运动部件磨损,电气元件性能变化,引起伺服系统与被拖动的机械系统没有实现最佳匹配所致。由技术资料可知,这种情况可以通过调节速度控制器的比例系数 KP 和积分时间 TN,来使伺服系统达到既有较高的动态响应特性而又不振荡的最佳状态。

故障处理:参考刀库电动机驱动装置上的 KP 刻度和 TN 刻度,对旋转工作台驱动系统进行微调后,故障排除。

例 7-47 自动加工过程中,A、B 工作台无交换动作

故障设备：匈牙利 MKC-500 卧式加工中心，采用 SINUMERIK 820M 数控系统。

故障现象：机床加工程序已执行完 L60 子程序中的 M06 功能，门帘已打开，但 A、B 工作台无交换动作，程序处于停止状态，且数控系统无任何报警显示。

故障检查与分析：从机床工作台交换流程图可以看出，当 A、B 工作台交换时，必须满足两个条件：一是门帘必须打开；二是工作台应处于放松状态并升起。检查上述两个条件，条件一满足，条件二不满足，即工作台仍处于夹紧状态。由机床使用说明书知：旋转工作台的夹紧与放松均与 SP03 压力继电器有关，且 SP03 压力继电器所对应的 PLC 输入点为 E9.0，当机床处于正常加工状态时，旋转工作台被夹紧（E9.0=1）；当机床处于交换状态时，旋转工作台被放松（E9.0=0），准备进行 A、B 工作台交换。根据其工作原理，要使 A、B 工作台交换，须使 E9.0=0；要使工作台放松，即要使 SP03 压力继电器断开。经检查发现 SP03 压力继电器因油污而导致失灵，致使故障发生。

故障处理：清洗修复 SP03 压力继电器，调整到工作台交换时，E9.0=0；工作台加工时，E9.0=1。故障消除。

例 7-48 双工作台交换过程动作混乱故障

故障设备：瑞典 HMC-40 加工中心，采用 SINUMERIK 840C 数控系统。

故障现象：机床双工作台在交换过程中动作混乱或动作未完成就停止。

故障检查与分析：检查故障时一次传感元件（接近开关或碰撞开关）的输入不正常，但拆线进一步检查均正常。检测一次元件连接电缆有短路现象，进一步检查线路发现电缆中间有一插头插座被切削液浸湿。但该插头插座是安装在电气柜内，与切削加工的密封仓是隔开的。仔细观察后发现该连接座上有一固定插座用废孔没有堵住，而该孔恰与切削加工的密封仓连通，天长日久，切削液慢慢渗入，从而引起线路短路。

故障处理：取下被浸湿的插座，用酒精清洗后，用电风吹干，重新装上后，故障排除。

例 7-49 M60 指令失控，工作台转动失常故障

故障设备：日本 HC-800 卧式加工中心，采用 FANUC 11 数控系统。

故障现象：M60 是加工准备工作的一个重要指令，其动作程序是：防护罩打开，机械手自动伸出将原 B 轴工作台拉回，与备用工作台一起旋转 180°，再将装有工件的备用工作台送到加工工位，机械手收回，防护罩关闭，互换完成，程序结束。故障发生时，此程序在走到右转 180°时突然停步，但过了一段时间后又突然起步旋转，这种现象时有时无。

故障检查与分析：转动停止又起步的原因是由于 M60 指令并未删除，而不规则的延时决不可能是什么延时保护动作，应该是执行元件有问题才造成这种失控现象。因此排除是程序软件有关参数引起故障，而将目标定在执行元件上。首先让程序单步运行，由最末端的机械负载、液压系统、电磁阀、行程开关、连接电缆一直到电控箱内的各执行元件一步步检测，把正常信号和失控信号的参数分别记录下来，进行比较，发现固态继电器输入信号与指令同步，而输出信号时有时无，进一步了解其原理，证明该元件因负载电流增大造成内部可控硅元件失控，但还未完全损坏，当电流小于其承受能力时还正常工作。

故障处理：更换这一性能下降的元件，调整了负载，保证了额定电流下正常工作，故障排除。

四、主轴系统故障维修实例

例 7-50 主轴低速指令不起作用故障

故障设备：国产 JCS-018 立式加工中心，采用 FANUC 6 数控系统。

故障现象：主轴低速指令不起作用。

故障检查与分析：经检查，从键盘上键入时速指令 S 时，在地址 R01-R12 上能读到相应的二进制代码，主轴能够运转，只是在低于 120r/min 时，S 指令无效。当转速指令给定为 0 时，主轴竟按 120r/min 转速运转，显然是有一额外的模拟指令电压在起作用。通过对主轴板上数模转换集成块 DAC80 的测量，发现其输出端 15、18 也即 CH2 对地有 0.5V 的电压。对照表 7-2 看出该电压基本符合 120r/min 时的模拟指令电压，显然该集成块已有故障，产生了这一额外电压。

表 7-2 指令、电压、转速对应表

二进制转速指令	模拟输出电压/V	电动机转速/r·min ⁻¹
0000 0000 0000	0	0
0000 0101 1011	0.222	50
0000 1011 0110	0.444	100
⋮	⋮	⋮
1111 1111 1111	9.999	2250

故障处理：将图 7-9 中的短路棒 S2 拆除，改为串入一只硅二极管，利用其管压抑制住多出的 0.5V 电压，故障排除，主轴低转速能够达到所需的 50r/min，使低速加工工序得以完成。

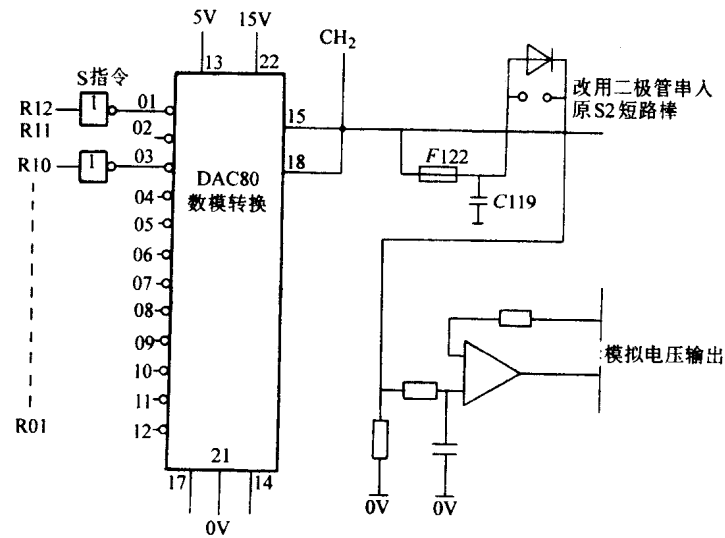


图 7-9 主轴数/模转换原理图

例 7-51 主轴不转故障

故障设备：XH755 卧式加工中心，采用保加利亚 KEMPOC 主轴伺服装置。

故障现象：机床通电后加上速度给定信号，主轴不转，伺服单元出现 FL 及 EE 报警。

故障检查与分析：造成 FL 报警的原因很多，应着重查励磁部分。使主驱动得电，测得励磁电压为 8.7V，励磁电流为 0.2A（正常值为 28V、1A 左右），RO 灯亮时励磁电压为 0V。用 1kΩ 电阻档测主回路输入电压 R、S、T 与 FL 的输出 F1、F2 之间的电阻值，测得

F2 与 T 的电阻值为“0”，测量 T 回路的可控硅后，发现 VS6 击穿，造成 F2 与交流 T 短路，无 FL 电压输出，更换后，RO 灯亮时，励磁电压增大，但 FL 报警仍在。根据励磁回路原理图，用示波器测 I40，锯齿波正常，I13、I14 的方波信号不正常，根据原理图分析，查得励磁回路采样电阻无信号输出，经检查，采样电阻接地线断开。

故障处理：焊上断开的接地线，励磁电压及电流恢复正常，故障消除。

例 7-52 主轴启动不了和正常运转中突然停转故障

故障设备：匈牙利 YBM90N/100 型加工中心，采用 FANUC 11 ME-F 数控系统。

故障现象：启动主轴时，CRT 偶尔出现 EX15 报警——主轴启动/停止故障。偶尔还发生主轴正常运转中突然停转的现象，此时 CRT 也显示 EX15 报警。随着使用时间的增加，此故障出现越来越频繁。

故障检查与分析：经过对该设备的长期观察，发现 CRT 出现 EX15 报警有两种现象。其一，在设备送电后，未启动主轴，有时主轴伺服板显示器有干扰，显示主轴较高的转速，启动主轴时 CRT 会显示 EX15 报警，主轴启动不了。此时用手晃动由主轴编码器至主轴伺服板的电缆插头 CN2，会使主轴伺服板显示器的干扰信号消失，将系统复位，有时 EX15 报警会消失，主轴可以启动。通过 CRT 观察由主轴输入至 PC 的有关主轴转动的参数 X1.1 也证实了这一点。正常情况下，当主轴未转动时，X1.1 为 1，当主轴转动时，X1.1 为 0。而在未启动主轴，有干扰信号时 X1.1 为 0。可以判断这种 EX15 报警是由干扰信号引起的。反复检查 CN2 插头和电缆，最终发现该电缆屏蔽线的接地线虚焊（当用手晃动插头，接地线接触好时，干扰信号会消失）。其二，有时因干扰信号造成 EX15 报警，但将干扰信号消除，系统复位后仍消除不了 EX15 报警，主轴启动不了。通过 CRT 观察有关参数，看出启动主轴后虽然主轴转不了，但 PLC 送至 NC 有关速度的地址指令 G24、G25 均正常，NC 送至 PLC 的有关参数 F10、F11 也无问题，说明 PLC 与 NC 均正常。当在主轴板上测量速度指令信号 VCMD 和由 NC 来的转速模拟信号指令 DA2，发现有 DA2 信号而无 VCMD 信号，这说明虽然 PLC 与 NC 均正常，还需满足其他条件主轴才能转动。经分析原理和图样，主轴转动的必备条件为：除 PLC 与 NC 正常外，机床准备信号 MRDY1 与 MRDY2 必须接通，而 MRDY1 与 MRDY2 接通必须具备以下三个条件：①PLC 输出至机床的信号 Y10.2=1 时，N35 的触点 1 和 3 闭合，启用信号接通；②PLC 输出至机床的信号 Y1.4=1 时，K1 的触点 13 和 14 接通，变频器接通；③机床电源开关 D₁-Q₂ 的辅导触点 11 与 14 接通，如图 7-10 所示。经查以前的多次记录，了解到出现 EX15 报警时，主轴虽不转动，PLC 的输出 Y1.4 和 Y10.2 均为 1（正常），重点怀疑到电源开关 D₁-Q₂ 的辅助触点有问题。经检查，该电源开关 D₁-Q₂ 的辅助触点接触不良，致使主轴功率驱动部分的晶体管模块频繁通断，从而造成晶体管模块损坏，由此断定是主电源辅助触点接触不良造成上述故障。

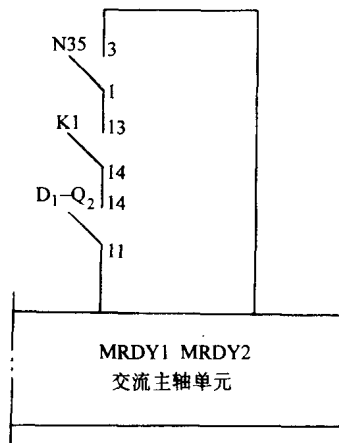


图 7-10 交流主轴单元电路图（局部）

故障处理：将插头 CN2 和电缆屏蔽线的接地线重新焊好，并修理电源开关 D₁-Q₂ 的辅助触点，主轴启动不了和正常运转中突然停转的故障均消失。

例 7-53 主轴拉不紧刀故障

故障设备：台湾 VMC-65A 加工中心，采用 FANUC 0M 数控系统。

故障现象：使用半年，主轴拉不紧刀，机床无任何报警信息。

故障检查与分析：主轴拉不紧刀的主要原因有：①主轴拉紧蝶簧变形或损坏；②拉紧液压缸动作不到位；③拉杆与刀柄夹头间的螺纹联接松动，刀柄夹头随着刀具的插拔发生旋转，后退约 1.5mm。一般来说，拉杆与刀柄夹头间的联接应非常牢固，通常采用螺纹联接，外加螺母锁紧、锁紧螺钉锁紧或联接时采用螺纹锁固密封胶防松。而该机床的拉杆与刀柄夹头间没有任何防松措施。在插拔刀具时，若刀具中心与主轴锥孔稍有偏差，拉杆与刀柄夹头间就存在一个偏心摩擦。刀柄夹头在这种摩擦与冲击的共同作用下，时间一长，螺纹松动退扣，出现主轴拉不紧刀的现象。

故障处理：将主轴拉杆与刀柄夹头的螺纹联接，用螺纹锁固密封胶锁固及锁紧螺母锁紧后、故障排除。

五、刀库机械手和其他部分故障维修实例

例 7-54 主轴定向后，机械手无换刀动作故障

故障设备：JCS-018 立式加工中心，采用北京机床厂制造的 FANUC BESK 7CM 数控系统。

故障现象：主轴定向后，ATC 无定向显示，机械手无换刀动作。

故障检查与分析：该故障发生后，机床无任何报警产生，除机械手不能正常工作外，机床各部分都工作正常。用人工换刀后，机床也能正常工作。

根据故障现象分析，认为是主轴定向完成信号未送到 PLC，致使 PLC 没有得到换刀指令。查机床连接图，在 CN1 插座 22 号、23 号上测到主轴定向完成信号，该信号是在主轴定向完成后送至刀库电机的一个信号，信号电压为 +24V。这说明主轴定向信号已经送出。

在 PLC 梯形图上看到，ATC 指示灯亮的条件为：①AINI（机械手原位）ON；②ATCP（换刀条件满足）ON。首先检查 ATCP 换刀条件是否满足。查 PLC 梯形图，换刀条件满足的条件为：a) OREND（主轴定向完成）ON；b) INPI（刀库伺服定位正常）ON；c) ZPZ（Z 轴零点）ON。以上条件均已满足，说明 ATCP 已经 ON。

其次检查 AINI 条件是否满足。从 PLC 梯形图上看，AINI 满足条件为：a) A75RLS（机械手 75°回行程开关）ON；b) INPI（刀库伺服定位正常）ON；c) 180RLS（机械手 180°回行程开关）ON；d) AUPLS（机械手向上行程开关）ON。检查以上三个行程开关，发现 A75RLS 未压到位。

故障处理：调整 A75RLS 行程开关档块，使之刚好将该行程开关压好。此时，ATC 指示灯亮，机械手恢复正常工作，故障排除。

例 7-55 在自动加工中机械手不换刀故障

故障设备：国产 KT1400 立式加工中心，采用 FANUC 0 数控系统。

故障现象：机床在自动加工中，机械手在自动控制方式下不换刀，也无任何报警。而在手动方式下能换刀，换刀后又能继续进行自动加工。

故障检查与分析：由于机械手在手动方式下能换刀，换刀后又能继续进行自动加工，判定 NC 系统、伺服系统均无故障。考虑到刀库电动机及机械手的动作由富士变频器单独控制，故重点检查变频器。观察手动状态时刀库和换刀动作均准确无误，自动状态时刀库旋转

正常，而换刀不正常。检查 NC 控制信号已经发出，且控制接触器也已吸合，说明换刀信号已送入变频器。检查变频器的工作情况，发现在手动换刀时，其工作频率为 35Hz，而在自动换刀时，其工作频率只有 2Hz，在这样低的频率下，机械手当然不能执行换刀动作。查明故障产生的原因为机械手正在换刀时，电网突然停电，造成换刀时机械手卡死，恢复供电后，便出现上述故障。

故障处理：将自动换刀时的工作频率重新设定为 35Hz 后，机械手换刀恢复正常，故障消除。

例 7-56 刀库换刀位置错误故障

故障设备：德国 MH800C 加工中心，采用菲利浦公司 CNC5000 系列数控系统。

故障现象：换刀系统在执行某步换刀指令时不动作，CRT 显示 E98 报警“换刀系统在机械臂位置检测开关信号为 0”和 E116 报警“刀库换刀位置错误”。

故障检查与分析：从 CRT 提供的信息判断故障发生在换刀系统和刀库两部分相应的位置检测开关无信号送到 CNC 单元的输入接口，从而导致机床自我保护，中断换刀。造成开关无信号输出的原因有：①由于液压或机械上的原因造成动作不到位而使开关得不到感应；②开关失灵。根据机床结构情况，先查开关。首先检查刀库部分，用一薄铁片去感应开关，结果正常，接着检测装在换刀系统机械手内部的两个开关，发现机械臂停在行程中间位置上，“臂移出”开关 21S1 和“臂缩回”开关 21S2 均得不到感应，造成输出信号为 0（“臂移出”开关信号应为 1，换刀系统才有动作）。用螺丝刀顶相应的 21Y2 电磁阀芯把机械臂缩回至“臂缩回”位置，机床恢复正常。分析产生故障的原因，考虑到机床在此之前换刀正常，手控电磁阀能使换刀系统回位，说明液压或机械部分是正常的，为此怀疑换刀动作与程序换刀指令不协调是造成故障的原因。机床《操作员手册》中要求“连续运行中，两次换刀间隔时间不得小于 30s”。经计时发现，引发故障的程序段两次换刀间隔时间仅为 21s。

故障处理：修改了相应的程序，故障排除。

例 7-57 刀链不执行校准回零故障

故障设备：美国 T40 卧式加工中心，采用 A950 数控系统。

故障现象：开机待自检通过后，启动液压，执行轴校准，其后在机械校准时出现以下两个报警：

```
ASL 40    ALERT    CODE      16154
          CHAIN     NOT      ALIGNED
ASL 40    ALERT    CODE      17176
          CHAIN     POSITION  ERROR
```

机床不能正常工作。

故障检查与分析：T40 刀链校准是在 NC 接到校准指令后，使电磁阀 3SOL 得电控制液压马达驱动刀链顺时针转动，同时 NC 等待接收刀链回归校准点（HOME POSITION）的接近开关 3PROX（常开）信号。收到该信号后，电磁阀 3SOL 失电，并使电磁阀 1SOL 得电，刀链制动销插入，同时 NC 再接收到制动销插入限位开关 1LS（常开）信号，刀链校准才能完成。据此分析，故障范围在下面三个方面：①刀链因故未能转到校准位置（HOME POSITION）就停止；②刀链确已转到了校准位置，但由于接近开关 3PROX 故障，NC 没有接收到到位信号，刀链一直转动，直到 NC 在设定接收该信号的时间范围到时产生以上报警，刀

链才停止校准；③刀链在转到校准位置时，NC 虽接到了到位信号，但由于 1SOL 故障，导致制动销不能插入，限位开关 1LS 信号没有，而且 3SOL 因惯性使刀链错开回归点，接近开关信号又没有。

根据以上情况分析，首先检查接近开关 3PROX 正常。再通过该机在线诊断功能发现在机械校准操作时 1LS 信号 I 0033 (LS APIN ADY) 和 3PROX 信号 I 0034 (PR CHINA HOME) 状态一直都为 OFF，观察刀链在校准过程中确实没有到位就停止转动，而且发现每次校准时转过的刀套数目也没有规律，怀疑电磁阀 3SOL 或液压马达有问题。进一步检查液压马达有漏油现象，更换密封圈，漏油排除，但故障依然存在。用万用表测量电磁阀电压及阻值基本正常，而且每次校准时刀链也确实转动，说明其他原因可以排除，故障是由于电磁阀性能不良造成。

故障处理：更换电磁阀 3SOL 后，故障排除。

例 7-58 光栅编码器故障

故障设备：德国 BW120 S 五坐标加工中心，采用 SINUMERIK 8MC 数控系统，测量系统配用 HADENHAN 公司 LS 107 型直线光栅编码器。

故障现象：Y 轴快速进给 3m/min 以下时工作正常，大于 5m/min 时报警 114 号。报警内容是 Y 轴测量环节电缆损坏、短路、没有收到信号、不正确的门槛信号或不正确的频率。

故障检查与分析：按西门子操作手册提示，应对闭环测量插件硬件进行检测；如果需要，检查故障信号电压；用修改机床数据的方法查出门槛电压的正确性。

判断故障是在光栅编码器上，还是外置式前置整形倍频放大器 EXE、测量板 MS140 或其连接线缆上。BW120S 加工中心的三个直线坐标系统是完全一样的，可以用交换插件或部件的方法确定故障出在哪里。为了验证这一点，做如下测试：将光栅编码器插座从外置式前置整形倍频放大器 EXE 上拆下，另置 5V 电源接到光源回路上，用双线示波器接到编码器正弦、余弦信号，其幅值固定，波形宽度随移动速度变化，移动速度越快其宽度越窄，所检测的二列信号应互差 90°电角度，这是正常的。实测时，速度较快时幅值明显减小，由此判断故障是由光栅编码器信号弱所造成的。对 LS107 型光栅编码器来说，造成信号弱的可能原因是光电池接收的光线弱，而造成光线弱的主要原因有：①遮光螺丝松脱；②微型灯定位位置变化；③硅光电池表面脏；④控制光源的集成电路故障。实践中因微型灯架弯曲造成定位位置变化而引起故障的例子占多。

故障处理：修理时，先从光栅编码器一端轻轻抽出测量头，然后按下述顺序进行。

- 1) 检查玻璃表面和光电池表面是否洁净，如果肮脏可用无水酒精擦净；
- 2) 测量微型灯两端电压，应符合额定值；
- 3) 通 5V 电源，用示波器测量正弦、余弦信号幅值，调节至高电位，遮断光路用示波器测量幅值应为低电位；
- 4) 调整遮光螺丝，先退后进。调整时应随时观察波形幅值变化，最大时为最佳；
- 5) 调整微型灯定位位置，先左右，后前后。值得注意的是微型灯定位位置的调整和遮光螺丝的调整互相影响，必须反复调整，才能达到最佳状态。

经过以上调整，绝大多数故障都能排除，达到使用要求。必须提醒注意的是，拆修时移动了光栅编码器，必须按重新安装的要求来调整它与移动轴的平行度，并修改机床参数中的参考点设定，否则会影响轴的位置和零点坐标误差。

第八章 常用故障检测仪器

机床数控系统维修中,除前面章节所阐明的对系统故障分析和判断方法之外,还应通过故障诊断仪器仪表,力求将故障源定位在元、器件级。因为,只有做到这一点,才有可能降低维修费用并大大减少停机时间。同时,只有把故障定位到元、器件级,才能说比较彻底地了解故障的性质和原因。

本章将介绍一些性能/价格比合理并且功能较强的故障测试仪器,为从事机床数控系统维修工作的人员提供参考。

第一节 BW4040 系列电路维修测试仪

BW4040 系列电路维修测试仪是美国专利,由新加坡普泰 (PROTEQ) 公司生产的精密、高效、快速、在线自动测试仪器。BW 系列中有 BW2040 EX 及 BW4080 VX 等多种产品,该系列测试仪各方面的设计均以快速找出故障为目的,以便于设备现场维修,又由于功能测试与动态阻抗测试的结合使用,所以可节省检修电路板及有关设备所花的时间和费用。

BW4040 EX 测试仪是 PROTEQ 公司 BW 系列产品中,具有典型代表性的电子线路板故障测试仪,它采用了四项互相补充的测试技术以便迅速查出故障点,这些技术包括:在线功能测试 (ICFT),大规模集成电路 (LSI) 测试分析,VI 特性测试分析,电路追踪。

一、测试功能

1. 在线功能测试

也称 ICFT 测试。ICFT 是为分析中、小规模芯片的逻辑功能所进行的加电测试。通过一只逻辑取样夹与被测芯片接触,这种夹子具有自动定位特性,无论脚的方向如何均能快速地与每个芯片接触。由于该仪器不仅包含广泛的 TTL 与 CMOS 等芯片库,而且还可以与 BW4040 系统一同提供简单的程序语言,为用户的芯片扩展原有的库或建立单独库。

BW4040 操作测试语言 (BOTL) 是一种高级芯片描述语言,它定义了 TTL 和 CMOS 家族中数字逻辑芯片的测试,提供了 5 个主要的 BOTL 库供选择: TTL、CMOS、DRIVER、MEMORY 和 GENERIC 库。GENERIC 库用于板测试模式中。

测试开始,用名字标识芯片,并定义 V_{CC} 和地脚。功能测试是通过仪器提供所有可能的输入条件的逻辑电平以驱动被测芯片来完成的,然后将测出的输出与用布尔方程 (真值表) 计算的结果进行比较,以决定芯片的性能是否令人满意。测试结果是按通过/失效信息显示出来的。如用户需要,也可选择逻辑分析器的逻辑电平波形信息显示来分析测试结果。

在“快速测试”模式中可以用 ICFT 来筛选 PCB (印刷电路板) 上的芯片,或快速找出故障点。“诊断”模式可以使用有电平波形信号显示屏幕的附加测试和诊断向量测试,来进一步判断故障点。通过“连接测试”学习模式可进行整块 PCB 的测试:即学习一块好的 PCB 板,将它的特征存到硬盘中,然后可用这些特征来与未知 (或坏) 的 PCB 进行相应比较,从而找出故障点和有问题的芯片。

2. LSI 分析测试

指的是 40 脚以下，双列直插式封装的大规模集成电路如 8255、8031、Z80 等芯片的测试。

测试的开始部分类似于“ICFT”，即给出芯片的名称、定义 V_{CC} 和地脚。因为它每一次测试是由许多子测试组成，所以定义了几组脚数据后，紧跟着是一系列驱动命令。由于一片 LSI 芯片中的连接不能有几组相同逻辑重新排列，所以不需要给出引脚之间的关系（即相关脚），而只以“脚群”来区分。LSI 分析的目的在于它可产生测试被测芯片个别特性的大量子测试。尽管没有一种 LSI 被单独驱动的子测试的驱动信号可以超过 1024 个时钟（TICK），但一块 LSI 仍可以看作是按设计需要的许多单独芯片的组合。

在线测试一片 LSI 芯片时，要求该芯片通过电路的全部测试是不合理的。这是由于 LSI 芯片功能十分复杂，又有多种使用方式，设计电路结构时可以只使用它的某些特性，不使用的特性允许测试时不通过。

测试前必须先用一块好的芯片进行“离线”状态下的学习测试，然后将有关这个芯片的文件作为进一步测试的基本参考。同时当“在线学习”同一芯片时，看它究竟能通过多少子测试，不通过的子测试又如何经修改才通过，并记录哪些脚失效。接着即可对有疑问的芯片进行“在线”和“离线”两种测试。“离线”时，一个芯片预计能 100% 通过。“在线”测试，可以借助前面在线学习的数据判断芯片是好是坏，波形显示会给出故障的类型，供用户分析。

对于有经验的维修人员来说，LSI 分析测试是一套强有力的工具。虽然它不能像“LCFT”报告那样，自己给出通过/不通过诊断，但它能对问题的所在给出有力的提示。波形屏幕使得用户可通过按键在脚名（用途）与脚号之间转换，以便于调试。

3. VI 特性测试

由测试仪产生一个扫描电压，加到被测的芯片出脚（或电路焊接点）上，同时记录其电流变化，从而获得被测点的动态响应阻抗曲线。

通常 90% 的芯片损坏都是端口损坏，端口一旦损坏必然改变它的 VI 曲线，因此只要和正常时所存的 VI 特性记录相比较，就可找出故障。这种测试对任何芯片及分离元件都是有效的，特别是对模拟器件来说，损坏后往往造成端口特性阻抗发生明显变化，因此更容易判别器件的好坏。

4. 电路跟踪测试

指芯片出脚状态及连接情况测试。当芯片损坏后，相应管脚状态往往会发生变化，如击穿造成信号脚与电源短路而使引脚连线关系发生变化，因此只要和原先正常时所存的记录相比较，就会发现故障所在。使用这项测试，可以找出 PCB 连线错误，错误的定位，或是板上 IC 的错误的脚方向。当在线功能测试隔离失效时，这种测试可进一步提高查找故障的命中率。

二、操作示例

记住在测试之前解除全部时钟的作用（或使板上晶振短路），不进行这一步，会产生不正确的诊断。

开始测试时，从 BW4040 EX 主菜单中选择 ICFT，此时显示 ICFT 主菜单：

[T]est	Device
[L]earn	Device(LSI)
Te[S]t	Board
Le[A]rn	Board
LSI De[V]ice Configuration	
Identi[F]y BOTL Device	
BOTL D[E]vice Library	
Board[U]tilities	

测试芯片模式时，若从“ICFT 主菜单”中选择“芯片测试”，有两种测试方式可供选择，即“快速测试”和“诊断测试”。

快速测试时用 IC 夹子夹牢被测的数字 IC 板，由键盘输入 IC 型号，如 74LS00，屏幕显示如图 8-1 所示。解释如图 8-2 所示：1、2 脚相连，7 脚接地，14 脚为 V_{CC} ，13 脚接地阻抗要求小于 22Ω 。

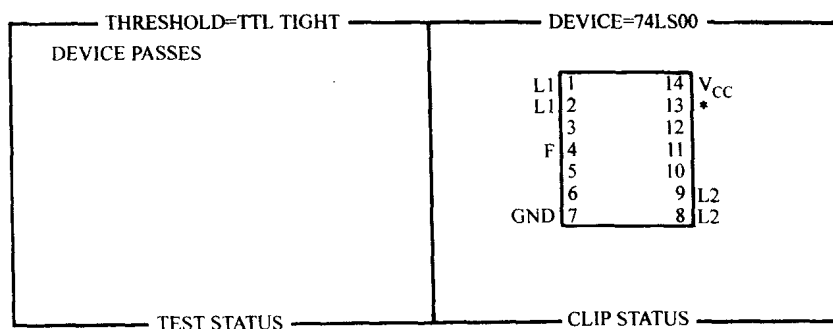


图 8-1 快速测试模式图

L1—表示 IC 脚 1 与脚 2 相连 L2—表示 IC 脚 9 与脚 10 相连

F—表示脚 4 是悬空或与三态 IC 相连

*—表示脚 3 对地阻抗在 $2\sim 22\Omega$ 之间，可能 IC 内部损坏或外围电路有问题

GND—地线 V_{CC} —5V

诊断性测试时，由于按键较多，可在 CRT 上显示 IC 脚的逻辑电平图，对分析 IC 结构十分有利。现假设脚 6 输出有故障，4 和 5 是输入脚的逻辑， E_g 是按真值表计算出来的输出逻辑，6 是从线路板上测回来的输出逻辑，如果 E_g 与 6 图形各异，则显然此输出脚不能通过测试。

VI 特性测试时，由 BW4040 EX 产生一个可调的 AC 交流信号加到被测的 IC 脚上，然后记录电流的变化，再将电压 V 和电流 I 的关系用图形显示出来，如图 8-3 所示。

图 8-4 是 VI 曲线的例子，从操作上 VI 特性测试是通过记存和比较来进行测试的，用户可将一块好板上的每一片 IC（或每一点）的 VI 特性记存到硬盘中去，把 IC 的位置和脚数输入（如用 IC 夹子），每次最多脚数是 40。当使用 IC 夹子时，应注意夹子的摆放位置，以后比较时，须与记存时的位置相同。

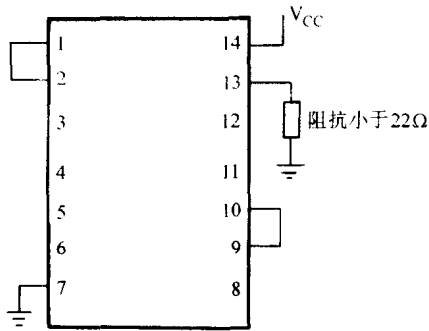


图 8-2 解释图

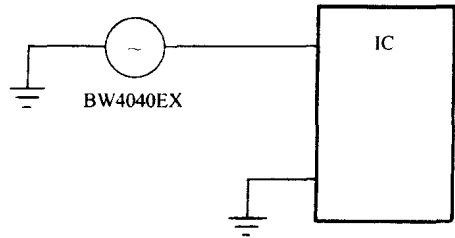


图 8-3 VI 特性测试

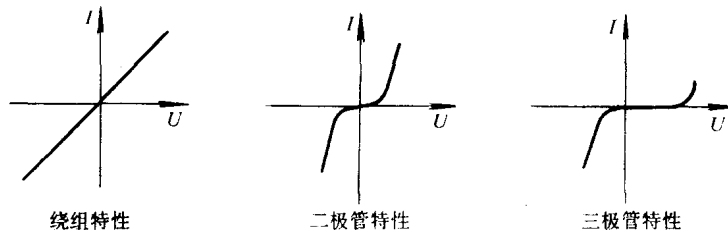


图 8-4 VI 特性曲线举例

VI 特性测试是对 IC 外围部分进行比较，当 IC 受到外电压冲击或内部老化而损坏，即可用 VI 特性测试来找出毛病；但如 IC 内部逻辑功能出现问题，则应使用在线测试功能进行测试。

第二节 〈汇能〉TH 系列电路在线维修测试仪

北京天惠电子有限公司引进国际先进技术研制成功的〈汇能〉电路在线维修测试仪，经不少用户使用实践证明，能够方便、快捷地对各种复杂电路板进行元器件一级的故障检测，为用户节省大量维修费用和时间。下面对该产品特点和性能作一介绍。

一、特点和作用

1. 〈汇能〉测试仪的特点

- 1) 将更换整块电路板的维修方式，深化到更换损坏元器件级维修方式；
- 2) 没有电路图，不了解电路原理，也能帮助维修人员“在线”检测电路板上元器件功能好坏；
- 3) 充分利用计算机智能化处理能力，测试效率及准确率高，帮助维修人员迅速提高维修水平；

4) 操作简单，使用方便，一般维修人员数小时即可掌握基本操作；

5) 通用性强，适用于各种设备的电路维修工作。

2. 〈汇能〉测试仪在维修检测中的作用

(1) 对获取电路图的帮助 〈汇能〉测试仪具有快速提取电路板上各种元器件之间连接关系的功能，称之为电路板网络表提取功能。其效率几十倍的高于通常采用万用表的提取方式，提取准确率也远高于万用表。利用〈汇能〉测试仪从电路板上提取出的网络表，可以很

方便地画出电路板的电路图。

(2) 对联机测试的帮助 利用〈汇能〉测试仪上的 TVDL 语言, 能够方便地描述对被测电路板所施加的激励。这些激励可以在 TVDE 调测环境的控制下, 以单步、循环等方式, 从电路板的引脚和电路结点加进去, 使整个电路板按测试者的需要“动”起来后, 即可利用 TVDE 将电路板上有关信号取回来判别是否有故障, 也能和逻辑分析仪、示波器等检测仪器配合使用。

(3) 对电路板本身的测试 利用〈汇能〉测试仪的网络测试功能, 检查故障电路板的网络有无变化, 从而发现电路板上的开路、短路。

(4) 对元器件的测试 元器件的故障是维修检测的主要对象。元器件在使用过程中出现的故障也有特点、有规律。〈汇能〉测试仪紧紧抓住应用中的元器件故障特点, 采用器件端口模拟特征曲线分析技术, 实现对各种类型的元器件进行端口测试, 采用后驱动、自适应技术对数字电路的功能测试。另外, 〈汇能〉测试仪允许使用者在没有图样资料、不具备联机条件下进行测试, 非常容易上手, 所以特别适用于维修中的器件级故障检测。

综上所述, 〈汇能〉测试仪不仅本身具有很强的元器件故障检测能力, 而且能够对电路板的故障进行检测, 同时还能够为其他检测仪器在维修测试中的使用创造条件。下面具体介绍〈汇能〉测试仪的检测功能。

二、检测功能

(一) 元器件故障检测功能

1. 数字 IC 功能测试

(1) 测试过程 只要将测试仪上的 5V 外供电源通过随机所带电源夹引到被测板, 再把测试夹夹在被测 IC 上, 输入其型号, 测试仪就在微机的控制下, 自动进行测试, 并将结果显示出来。在这个过程中, 测试仪首先检查是否对被测板正确供电, 然后检查测试夹同被测 IC 是否接触良好。一切正常, 再检查被测 IC 各管脚处于何种状态 (比如电源、地、输入/输出等) 以及哪些管脚短接在一起, 据此求出相应的测试码, 送到被测 IC 输入端, 再从 IC 输出取回对测试码的响应。将取回的实测响应和计算出的预期响应相比较, 就能发现故障。

(2) 功能测试方法

1) 快速测试 一块电路板上有许多中小规模 IC, 究竟哪些 IC 是有问题的, 可利用“快速测试”迅速进行筛选。此功能仅给出 IC 是否通过测试的结果, 不提供任何故障诊断信息。下一步用诊断测试对未通过测试的 IC 作进一步的检查。

2) 诊断测试 该测试不仅给出测试是否通过的信息, 测试过程中的测试码波形、响应波形、各管脚的逻辑状态、测试前的管脚电平、管脚的连接关系以及器件图都能显示出来, 供检测者查阅。比较预期响应和实际响应的不同, 可进一步了解 IC 失效的原因。

3) IC 循环测试 该功能专为检查因温升造成故障而设。有的 IC 开机运行几分钟后, 由于温升而失效, 当停机后寻找故障时, 温度降低功能又恢复正常。这种故障使维修人员深感头痛, “循环测试”功能有助于发现这种问题。

4) 无型号 IC 的识别 功能测试时必须键入被测 IC 的型号, 但经常有 IC 型号不清楚或故意擦掉的情况, 使得测试工作无法进行。本功能可迅速把无型号的 IC 的型号自动查出来显示在屏幕上。但这种查找必须是器件库内有的, 并且功能必须完好。

5) 离线测试 上述几种测试功能均可在随机的离线测试器上进行, 并且结果更准确。

该功能可用于器件筛选,或对在线测试有问题的器件做进一步的确认。

(3) 测试器件库 各种 TTL74/75 系列、CMOS 40/45 系列及部分 75 系列共计两千余种,包括了几乎所有维修中能够遇到的中小规模通用逻辑 IC。

(4) HNDDL 语言 一种小型、方便地描述 IC 逻辑功能的语言。对器件库中没有,但已知功能的逻辑 IC,可用 HNDDL 语言描述后,添加到器件库中去。

2. 数字 IC 状态测试

电路板上每个数字器件,在加电后都有 3 种状态特征:各管脚的逻辑状态(电源、地、高阻、信号等)、管脚之间的连接关系、输入输出逻辑关系。当器件损坏后,其状态特征一般都要发生变化。〈汇能〉测试仪能够把好的电路板上各 IC 的状态特征提取出来,存入微机的数据库中,然后与同类有故障的电路板进行比较,从而可相当准确的找到故障器件。这类似于一个小“专家”系统。学习的板越多,日后的检测工作越方便。

这种测试方法不仅适用于器件库中已有的 IC,也适用于库中没有的 IC,是检测各种专用器件和 PAL、GAL、EPLD 等可编程器件以及大规模集成电路强有力的手段。

3. 全面存储器测试

“全面”意指测试的器件种类全,可测 SRAM/DRAM、PROM/EPROM 存储器共 1500 余种;另外指测试方法全,可进行在线/离线、快速/完全测试,满足不同测试需求。

(1) 测试原理 对 PROM/EPROM,将其中的内容读取出来,和以前电路板无故障时读出并存储在计算机中的内容相比较,不一致则说明有问题。对 DRAM/SRAM,在测试期间先写入,再读出。写入内容和读出内容不一致则说明有问题。

(2) 测试方法

1) 快速测试 其特点是测试速度快,用于迅速检测被测存储器是否有故障。它不遍历每个存储单元,只按一定算法取部分存储单元进行测试。

2) 完全测试 遍历每个存储单元,所以可把 PROM/EPROM 中的内容全部读出来,存成二进制文件,供用户复制或剖析。

3) 离线测试 对未焊接在电路板上的存储器进行测试。离线测试只有完全测试。

4) 在线测试 对焊接在电路板上的存储器进行测试。存储器测试的特点是时间长,完全测试一个 2K 容量的存储器,也比最复杂的逻辑器件所用的时间长得多。所以在线测试支持快速测试和完全测试,并且对完全测试进行了特殊处理,使得既能访问到每一个存储单元,又能保证测试安全。

存储器往往都挂在总线上,要保证在线测试准确,需用 Guard 信号进行总线隔离。

4. LSI 分析测试

LSI 分析测试与中小规模 IC 的测试原理有很大差别,主要不同点在于:LSI 内部结构与中小规模 IC 不同,其输入输出逻辑关系不能直接确定。一片 LSI 器件的功能一般都由许多子功能组成,如 CPU 器件就有取数、中断、复位等,也往往有不同的使用方式,如 8086 就有大小模式之分。对 LSI 的测试就是对它的每一个子功能都用一段相应的测试码进行测试,称之为“子测试”,也就是说每个子测试只测一片 LSI 器件的一项子功能。通过好坏板子上的子测试的通过情况,来判断被测 LSI 器件是否有故障。

测试分析 LSI 首先要“离线学习”,以得出“参考文件”,再“离线测试”,以得出被测 LSI 的准确数据备用,然后“在线学习”好的被测板上相同的 LSI 数据存入硬盘供日后与故

障板进行比较。一片好的 LSI 器件,“离线测试”时应通过全部子测试,但在线时由于实际使用方式的不同,有的子功能使用,有的子功能不使用。那么好的 LSI 器件”在线学习”时,对其不使用的子功能(或方式),在进行“子测试”时,允许它不通过(失效)。这就要求先用一块好电路板,通过学习其上的 LSI 器件,可确定通过了哪些子测试,哪些没有通过并存入盘内,供日后对相同的、有故障的电路板做对照比较测试。如果与当时存入的那些子测试的通过情况不同,则表示该器件可能有问题。

这里的 LSI 指 40 脚以下的器件,如 8255、6845、Z80 等。

5. 器件端口模拟特征曲线分析测试

本测试功能建立于模拟特征分析技术之上,可应用于模拟、数字、各种专用器件、可编程器件以及大规模、超大规模器件。

使用〈汇能〉测试仪进行此项测试十分简单,只需用探棒点到好板子上的元件管脚上,或者用测试夹夹在器件上,测试仪就能自动把该结点的特征曲线提取出来,显示在计算机屏幕上,最后存入计算机中。通过同样简单的操作,测试仪可以将库中的曲线和新测到的曲线在屏幕上同时显示出来。比较两者之差异就能发现故障。

曲线在计算机中是以电路板为单位存放的,一个板一个文件,板上所有结点的曲线都放在该文件中,没有容量限制,允许用软盘拷贝出来。

该项测试一般要求在被测板不加电的情况下进行。〈汇能〉测试仪的独特设计也允许在加电的情况下进行检测(只是注意板子上的电压不能高于扫描电压),这在很多情况下有助于进一步确认故障。

(1) 测试方法

1) 单周期测试 测试仪取到一条稳定的特征曲线之后,将该曲线显示在屏幕上。由于大部分电路结点的特征曲线稳定不变,所以这种方法能够满足要求,并且显示效果较好。

2) 连续测试 测试仪连续不断地用新提取到的曲线刷新上一次的曲线,在很多情况下,能看到 VI 曲线的稳定过程。另外,在用探棒测试时,这种交互式的方法能大大提高观测曲线的速度,并且这种方式下还允许不断调整同步脉冲,观察三端器件的曲线变化。

(2) 扫描电压选择 为配合三端器件的测试要求,P 系列〈汇能〉测试仪增加的三端测试模块可设置多种扫描电压,更好地满足不同使用要求。

6. 三端器件测试

三端器件指光耦、可控硅、JFET、MOSFET 以及双极性三极管等元件。三端器件应用十分广泛。尤其是光耦,大量应用于接口电路中来抵抗各种外界强干扰,工作环境恶劣,出现故障的频度相对较高。因此,解决三端器件的测试问题很有实际意义。

通过引入一个与 VI 扫描波形同步,幅度、相位和宽度可连续调节的脉冲信号,施加于三端器件的控制端,配合 VI 曲线扫描,〈汇能〉测试仪可以很好地检查三端器件是否功能完好。这种方法可以直接进行测试,并不一定非要一块好的电路板经过学习后才能进行比较测试,因此更加符合现场维修的要求。

(二) 完善的辅助测试功能

由于在线测试的复杂性,使得在使用基本测试技术设计测试仪产品时,还有许多具体问题必须加以考虑,这就构成了辅助测试功能。

1. 掉电监测

这是一项十分重要, 用户需要十分关注的功能。瞬间掉电(电网上的强烈干扰, 电源接插件晃动等)往往发生于毫无察觉的情况下, 它会使测试仪电路状态混乱, 导致测试通道失控, 从而危及被测板电路的安全, 大多数情况下会造成器件特性软化, 工作寿命降低。这种损坏, 用户往往当时难以觉察。〈汇能〉测试仪设有全面硬件掉电监测, 可在掉电恢复后, 立即(毫秒级)将电路及测试通道置于预期状态。

2. 真正的总线动态隔离信号 (Guard)

从在线测试角度看, 有两个以上的三态器件, 其输出并接在一起就构成总线。测试期间的总线竞争是导致误判的最常见原因之一。而静态总线隔离信号是危及测试安全的常见情况。〈汇能〉提供真正符合后驱动要求的动态隔离信号, 只要简单地将它引到造成竞争的 IC 的使能端, 该信号将在测试瞬间将该 IC 从总线上“摘”下来, 保证测试准确。

3. 测试夹接触检查

IC 管脚氧化锈蚀、保护层未打磨干净或测试夹未夹牢靠都会造成接触问题, 这是造成错误测试结果的又一常见原因。〈汇能〉测试仪会在测试前检查接触情况, 发现问题将及时在屏幕上提示出来。

4. 自动加上拉电阻

〈汇能〉可以识别集电极开路器件, 在测试时加 1K 上拉电阻, 无需另外费心。

5. 闭环检测

〈汇能〉测试仪在测试期间, 时时检测送出去的测试码是否正确到达被测 IC, 发现问题会在屏幕上提示出来。

(三) 电路网络表提取及测试

将电路板上元器件之间的互连关系, 用列表的形式表示出来, 就叫做“电路网络表”。从实际电路板上设法得到网络表, 叫做网络表提取; 检查电路板上元器件之间的互连关系是否发生了改变, 叫做网络测试。如果提取到了网络表, 可以据此方便地画出相应的电路原理图。

1. 全面电路网络表提取

所谓“全面”网络表提取, 是指〈汇能〉测试仪提供三种操作模式, 能够处理各种元器件之间的连接关系的提取。

(1) 测试夹-测试夹 这种模式主要用来处理数字 IC 之间的网络提取, 用逻辑信号来检查 IC 之间是否直接相连, 提取速度快, 工作效率高。

(2) 测试夹-测试探棒 这种模式主要用来处理 IC 和分立元器件(包括一端是可使用测试夹的 IC, 一端是不能使用测试夹的 IC)之间的连接关系。

(3) 测试探棒-测试探棒 这种模式主要用来提取分立元件之间(包括不能使用测试夹的 IC)的连接关系。

后两种模式更多地涉及到模拟器件, 所以用模拟信号来检查元器件之间的连接关系。目前的〈汇能〉测试仪在后面两种模式下, 能够识别约 8Ω 以上电阻、 3.2mH 以上电感和 $400\mu\text{F}$ 以下电容。

2. 全面电路网络测试

目前的电路在线维修测试仪, 其各种测试功能, 都是用于检查电路板上元器件的功能性故障的。对于电路板本身的故障, 比如由于断线或金属化孔不通造成的开路故障; 焊接或引

线毛刺造成的短路故障则无能为力。由于这类故障往往不以元器件的功能异常表现出来,而是表现为电路板网络表的改变,所以,利用从好的电路板上“学习”到的网络表,去同相应的故障板做对照检查,就能发现电路板本身的开路/短路故障。一般而言,在维修工作中,这种故障相对比较少见,而在电路板的生产调试中,绝大部分故障都是这种故障。

网络测试的过程和提取过程基本一致,比较是否有错由计算机自动完成,并将出错结果在屏幕上显示出来。

3. 打印输出格式

提取出来并存放在微机中的电路板网络表,可以三种形式打印出来,满足不同需要。

(1) 元器件关联表 把所有的元器件以及元器件管脚,按字典顺序排列,可以从中迅速查阅到某器件的某个管脚,以及与之相连接的所有其他元件管脚。主要用于维修测试中的故障定位。

(2) 连线表 将所有连接在一起的元器件管脚放在一起,同时给出网络名,具有很好的可读性,利用这种格式可方便地画出电路图。

(3) 与 TANGO 软件的网络表兼容的格式 作为一种内部格式,以备将来使用。

(四) TVDL 语言和 TVDE 调测环境

为了方便维修人员设法创造联机测试的工作条件,实现整板电路测试或板上局部电路的测试,以及构造专用测试系统,〈汇能〉测试仪专门设置了此项功能。目前的 TVDL 和 TVDE 还只限于处理数字电路。

1. TVDL 测试向量描述语言

利用 TVDL 语言可以方便地描述被测电路,描述对被测电路所加的测试信号。与 DDL 语言相比,TVDL 语言增加了子程序调用功能,方便处理规模较大的电路。另一方面,由于 TVDL 无需对测试对象进行自适应计算,所以略去了逻辑表达式及描述部分。

2. TVDE 调测环境

利用 TVDL 写成测试源文件,经过 TVDL 编译之后的目标文件,在 TVDE 调测环境中调入执行。TVDL 定义的测试可以在 TVDE 中有多种执行方式,比如单次、单步及循环等,可以通过一个好的电路板验证定义的测试是否正确。有问题时,允许在 TVDE 环境下进行编辑修改。调试正确的测试,就可以用来对有故障的电路进行测试。

三、型号规格

目前〈汇能〉测试仪主要型号有四种:TH4040(I)、TH4040P(I)、TH4040P/DX(II)、TH8080P/DX(II)。其主要功能及配置见表 8-1。

表 8-1 〈汇能〉TH 系列测试仪型号规格一览表

产品型号	TH4040(I)	TH4040P(I)	TH4040P/DX(II)	TH8080P/DX(II)
主机型号	TH4040	TH4040P	TH4040P/DX	TH8080P/DX
主机功能区别	台式电脑 40 个通道 5 个 GUARD 信号	台式或笔记本电脑 网络提取、测试 40 个通道 5 个 GUARD 信号	台式或笔记本电脑 有三端测试 网络提取、测试 40 个通道 5 个 GUARD 信号	台式或笔记本电脑 有三端测试 网络提取、测试 80 个通道 TVDE 测试平台 20 个 GUARD 信号

第三节 其他几种测试仪

一、TAD9024A 型 IC 在线测试仪

TAD9024A 型 IC 在线测试仪是专门为广大电子设计、维修和教学实验人员设计的一种性能全面、价格不高、使用和携带方便的普及型测试仪，具有离线和在线测试数字 IC 的功能和离线测试模拟 IC 的功能。

TAD9024A 是一种独特的非自动式 IC 测试仪器。它具有测试孔、显示灯、电平输入开关和 IC 脚一一对应的面板布局，结合 IC 卡片的图形引导，可以使测试人员能直观而快捷地向被测 IC 提供所需要的测试条件。本仪器可以测试几乎所有的中小规模 TTL、CMOS，只要其输入条件可建立，真值表可观察。即使对 PAL、GAL、RAM 和 ROM 等，也可进行或任选部分单元测试。利用仪器上的可调模拟电压信号，还可测试常用的线性 IC，如运放器、比较器等。

仪器离线测试时，一般的方法是将被测 IC 的电源脚与测试仪器的电源输出连接，将 IC 的输入脚与仪器的可控制变化的电平输出连接，将 IC 的输出脚与仪器的检测电路连接，然后对由 IC 的输入与输出对应变化所形成的真值表，人工地或由仪器自动地与正确的数据相比较，即可得出好或坏的测试结果。

在线测试时，与离线测试的主要区别是被测 IC 的输入脚与其他 IC 的输出脚相连。仪器的设计考虑了这些事实，通过对应 IC 脚的电平输入开关和阻值恰当的阻流电阻，结合使用较低电压的电路板电源，向电路中的 IC 脚注入安全的强制变化的逻辑信号，然后以阈值准确而可选的电平检测电路，测试 IC 的输出变化。就这样，该仪器将 IC 的在线测试变得几乎与离线时的测试一样简单。

TAD9024A 具有 24 路双值三状态电平检测电路，既能方便地同时观察 IC 各脚的逻辑状态和分析它们之间的逻辑关系，又能快速而准确地查出开路、短路和电平为坏的 IC 脚。对于在线测试时难免出现的 IC 夹接触不良的点，也能及时发现和排除。该仪器为便携式结构，可在宽范围的电源电压下工作，并具有过载保护功能；也能以电池为电源，适于在维修现场、工地使用。

二、CB2000 短路追踪仪

CB2000 型短路追踪仪是一种专门追寻短路故障的精密测试仪，具有测试及量度等性能，可准确地找出电子线路板上短路的故障源。

由于电路板上的轨道阻抗，一般只有数毫欧姆或数百毫欧姆，所以寻找短路点便需要具有此种精密度的仪器才能进行维修。

CB2000 的精度可达 $0.1\text{m}\Omega$ ，而量度电压更可低至 $1\mu\text{V}$ ，所以它可快速找出以下短路故障：①非完全短路故障；②多层线路板短路；③电容器内部短路；④焊锡短路；⑤总线短路；⑥电源短路。

CB2000 为配合不同的情况，具备三种测试模式：①微电阻测量；②微电压测量；③电流流向追踪。

只要互相配合，即可准确地找出短路故障。

1. 主要规格

(1) 电阻档

电阻档选择: $200\text{m}\Omega$, 2Ω , 20Ω , 200Ω ($\pm 5\%$);

探针电压: 200mV , 4.8V (无负荷时)。

(2) 电压档

电压档选择: 2mV , 20mV , 200mV , 2V , 20V ($\pm 5\%$);

输入阻抗: $100\text{k}\Omega$ 。

(3) 电流追踪

驱动电压: $0\sim 550\text{mV}$ (电平 0.6V)

$0\sim 4\text{V}$ (电平 5V)

电流限制: 50mA

(4) 体积 $250\text{mm}\times 265\text{mm}\times 100\text{mm}$ (5) 重量 3kg

2. 主要性能

(1) 微电阻测量 可测量低至十分之一毫欧姆 ($0.1\text{m}\Omega$) 的阻抗。阻抗愈低, 声频频率愈高。在两条发生短路的轨道上, 短路点之间将会呈现最低阻抗。

(2) 微电压测量 可测量低至一微伏 ($1\mu\text{V}$) 的直流电压。使用时, 由追踪仪输出一低直流电压 (不超过 0.55V) 于故障线路上, 再测量各点之电压值, 继而找出超负荷的 V_{CC} 线、低阻抗或一般短路故障。

(3) 电流流向追踪 由追踪仪输出一可调校方形电压在故障线路上, 透过磁棒追踪电流方向, 电流愈强, 声音频率愈高。一般电容器内部短路或总线短路, 皆可用这种方法迅速找出短路点。

(4) 置位功能 当非完全短路情况发生时, 利用普通量度法是很难准确地找出短路点的。这时若利用 CB2000 的置位功能, 把某一阻抗作为基值, 其他阻抗可量度为该基值的偏离, 细微的阻抗值便可辨别出来, 从而可找出故障点之所在。

三、BA-1610 便携式逻辑分析仪

BA-1610 是一部高品质、多用途的便携式逻辑分析仪。由于体积小 ($250\text{mm}\times 230\text{mm}\times 50\text{mm}$), 重量轻 (2.2kg), 轻巧而携带方便, 可使用内装储电池操作而无需外接电源, 因此极适合于现场维修。

该仪器另一大特点是具有一个特大的 240×128 点的 LCD 显示屏幕, 清晰易读, 更有照明设计, 同时可对 16 条通道作 100MHz 取样及显示, 也可作为一部 25MHz 计频仪使用。BA-1605 和 BA-1610 相同, 但最高取样时钟为 50MHz , 作为普通速度的系统上使用。

1. 主要规格 (BA-1610 型)

- 数据显示译码: HEX, ASC II
- 容量: 64K Bytes
- 外接介面: 标准打印接口, 连续打印取样
RS-232C 接口 (DIN-8 脚)
探针口共 16 支探针
- 有 CCFT 照明
- 电源 $220\text{V}/9\text{V}$ 转换器, 内置蓄电池

• 操作环境 温度：0~40℃；湿度：18%~85%

2. 主要性能

- 1) 内置蓄电池，可供 2h 操作；
- 2) LCD 特大显示屏幕为 240×128 点；
- 3) 同时对 16 条通道作 100MHz 取样；
- 4) 同时显示 8 条或 16 条通道数据，可放大或缩小；
- 5) 每条通道为 32K 记忆容量；
- 6) 可侦察短至 4ns 毛刺；
- 7) 边缘、字节、毛刺及外接触发，可作“AND”、“OR”及二级顺序组合触发；
- 8) 25MHz 频率计算器功能；
- 9) 可接驳打印机；
- 10) 可接驳微机作遥控；
- 11) 可将取样数据存储或档案存于 BA-1610 中，而档案数据可与取样数据作即时比较。

附录

附录 A FANUC 0 系统故障报警含义速查表

(1) 程序错误 (P/S 报警)	
号码	含 义
000	设定了必须切断电源的参数。应切断电源
001	TH 报警 (输入了不符合奇偶的字符) 应修改纸带
002	TV 报警 (一个程序段内的字符数为奇数)。仅在 TV 检测为 ON 时发生
003	输入超过允许位数的数据 (参照最大指令值一节)
004	在程序段的开始无地址, 立即输入了数字或程序段符号 (-)
005	地址后无数据, 突然出现下一个地址或 EOB 代码
006	“-”符号输入错误 (“-”符号不允许输入地址中, 或者输入 2 个以上“-”符号)
007	小数点 “.” 输入错误 (小数点 “.” 不允许输入地址中, 或者输入 2 个以上 “.” 小数点)
008	无程序结束指令, 读了 EOR (参数 NO.396EORRE=0 时)
009	输入了有意义信息区间不能使用的地址
010	指令了不能使用的 G 代码
011	切削进给速度没有被指定, 或者进给速度指令不当
014	可变速导程螺纹切削中, 用地址 K 指令的导程增减值, 超过了最大指令值或者指令了导程的负值指令。仅用于 0-MJ
015	移动了超过同时控制轴数的轴数。仅用于 0-MJ
020	始点半径值及始点半径值的差, 指令了超过允许误差 (参数 NO.876) 的圆弧 (参数 NO.393RADCHK=1 时有效)
021	圆弧插补中, 指令了平面指定 (G17, G18, G19) 以外的轴
023	圆弧半径 R 指定中, R 被指令成负值。用于 0-M
025	圆弧插补方式中, 指令了 F1 位数
027	在刀具长度补偿 C 型 G43、G44 程序段中, 无指定轴。在刀具长度补偿 G 型中, 未取消偏置而是加到其它轴上
028	平面选择指令中, 指令了 2 轴以上的同一方向的轴
029	用 H 代码选择的偏置量的值过大, 仅用于 0-M。用 T 代码选择的偏置量的值过大。仅用于 0-T
030	用刀具半径补偿, 刀具长度补偿的 H 代码指令偏置号过大, 仅用于 0-MT。功能中的刀具位置偏置号过大。仅用于 0-M
031	偏置量程序输入 (G10) 中, 指定偏置号码的 P 值过大, 或者没指令 P
032	偏置量程序输入 (G10) 中, 偏置量的指令过大
033	在刀具半径补偿 C 的交点计算中, 没有求出交点。仅用于 0-M 在刀尖 R 补偿的交点计算中, 没有求出交点。仅用于 0-T

(续)

号码	含 义
034	在 G02/G03 方式中, 开始或取消刀具半径补偿 C。仅用于 0-M 在 G02/G03 方式中, 开始或取消刀尖 R 补偿。仅用于 0-T
035	在刀具半径补偿 B 取消方式或偏置平面以外, 指令 G39。仅用于 0-M 在刀尖 R 补偿方式中, 指令了跳过切削 (G31)。仅用于 0-T
036	在刀具半径补偿方式中, 指令跳过切削 (G31)。仅用于 0-M
037	在刀具半径补偿 C 中, 补偿平面 (G17、G18、G19) 被切换, 或在刀具半径补偿 B 中及在偏置平面以外, 指令 G40。仅用于 0-M 在刀尖 R 补偿中, 补偿平面被切换。仅用于 0-T
038	在刀具半径补偿 C 中, 圆弧的始点或终点半径为零, 因而会产生过切现象。仅用于 0-MJ 在刀尖 R 补偿中, 圆弧的始点或终点位于圆弧的中心, 因而会产生过切现象。仅用于 0-TJ
039	在刀尖 R 补偿中, G41/G42 指令的开始, 取消或更换时指令了倒角或拐角 R, 或在倒角或拐角 R 处产生过切现象。仅用于 0-T
040	在单一形固定循环 G90/G94 的刀尖 R 补偿中可能生产过切现象。仅用于 0-TJ
041	在刀具半径补偿 C 中, 会产生过切现象。仅用于 0-M。在刀尖 R 补偿中, 会产生过现象。仅用于 0-T
042	刀具半径补偿中, 指令了刀具位置补偿。仅用于 0-M
043	用 M06T□□指令, 指令了不能使用的 T 代码
044	固定循环方式中, 指令了 G27/G30
046	用第 2, 3, 4 返回参考点的指令, 指令 P2, P3, P4 以外的指令
050	在螺纹切削的程序段中, 指令了倒角或拐角 R
051	指令倒角拐角 R 的程序段的下一程序段的移动或移动量不当
052	指令倒角, 拐角 R 的程序段的下一程序段不是 G01
053	在倒角, 拐角 R 指令中, 在 I, K, R 中指令了两个以上时, 或者在直接输入图纸尺寸中, 在逗号 (,) 后面的不是 G 或 R
054	已指令的倒角, 拐角 R 的程序段为锥度指令
055	在已指令的倒角, 拐角 R 的程序段中, 移动量比倒角, 拐角 R 小
056	在仅有角度指令 (A-) 的程序段的下一个程序段指令中, 终点和角度均没有被指定。用倒角的指令, 在 X 轴 (Z 轴) 中指令 I(K)
057	在图纸尺寸直接输入中, 不能正确地计算出程序段的终点
058	在图纸尺寸直接输入中, 没有找到程序段的终点
059	外部程序号选择中, 没有找到被选择的程序号
060	顺序号检索中, 没有找到被指定的顺序号
061	被 G70, G71, G72, G73 指令的程序段中, 地址 P, Q 均不被指定。仅用于 0-T

号码	含 义
062	<ul style="list-style-type: none"> ·在 G71, G72 中切入量为零或者为负。仅用于 0-T ·在 G73 中重复次数为零或者为负 ·在 G74, G75 中, 指定 Δi, ΔK 为负值 ·在 G74, G75 中虽然 Δi 或 ΔK 为零。但是, U 或 W 不是零 ·在 G74, G75 中, 虽然决定了退刀的方向。但是, Δd 指定为负 ·在 G76 中, 指令了螺纹的高度及第 1 次的切入量为零或负值 ·在 G76 中, 最小切入量比螺纹的高度还高 ·在 G76 中, 刀尖的角度为不能使用的值
063	在 G70, G71, G72, G73 中, 没有找到用 P 指定的顺序号。仅用于 0-T
065	<ul style="list-style-type: none"> ·在 G71, G72, G73 中, 用 P 指定的顺序号的程序段, 不能指令 G00 或 G01。仅用于 0-T ·在 G71, G72 中, 用 P 指定的程序段, 指令了 Z(W)(G71)。或 X(U)被指令(G72)
066	在 G71, G72, G73 中, 用 P 指定的程序段之间, 指令了不允许指令的 G 代码。仅用于 0-T
067	在 MDI 方式中, 指令了含有 P, Q 的 G70, G71, G72, G73 程序段
069	在 G70, G71, G72, G73 中, 用 P, Q 指令的程序段最后的移动指令在倒角或拐角 R 处结束。仅用于 0-T
070	存储器的存储量不足
071	没有找到要检索的地址数据, 或者在检索程序号中, 没有找到被指定号的程序
072	被存储的程序数超过了 63 或 125 (任选)
073	要存储的程序号与已存储的程序号相同
074	程序号在 1-9999 之外
076	在 M98, G66 的程序段中, 没有设定 P
077	子程序的调出次数为 3 重或 5 重
078	在 M98, M99, G65, G66 的程序段中, 没有找到 P 指定的程序号或顺序号
079	被存入存储器中的程序与纸带的内容不一致
080	在参数 ϵ 指定的范围内, 测量位置到达信号不呈 ON, (自动刀具补偿功能) 仅用于 0-T
081	T 代码没被指令而自动刀具补偿被指令。(自动刀具补偿功能) 仅用于 0-T
082	T 代码与自动刀具补偿在同一程序段被指令。(自动刀具补偿功能) 仅用于 0-T
083	在自动刀具补偿中, 轴指定被指定错了或者变为增量指令了。(自动刀具补偿功能) 仅用于 0-T
085	在用 ASR 或阅读机/穿孔机接口读入程序时, 出现溢出错误, 奇偶错误或成帧错误。被输入的数据不符或传送速度不正确
086	用阅读机/穿孔机接口输入, I/O 机器的动作准备信号 (DR) 关断
087	用阅读机/穿孔机接口读入, 虽然指定了读入停止, 但读过了 10 个字符后, 输入不能停止
090	在返回参考点中, 开始点距参考点过近或者速度过慢, 都不能正确执行返回参考点的指令
091	自动运转暂停时 (有剩余移动量或执行辅助功能时) 进行了手动返回参考点
092	在返回参考点检测 (G27) 中, 被指令的轴没返回参考点
094	程序再起动中, 不能指令 P 型。(程序中中断后, 不能进行坐标系设定的操作)
095	程序再起动中, 不能指令 P 型。(程序中中断后, 外部工件偏置量变化了)

(续)

号码	含 义
096	程序再起动中, 不能指令 P 型。(程序中中断后, 工件偏置量变化了)
097	程序再起动中, 不能指令 P 型。(电源接通或紧急停止以及 P/S94-97 复位后, 一次也没有进行自动运转。)
098	电源接通, 紧急停止后一次也没返回参考点, 指令程序再起动, 检索中找到了 G28
099	在程序再起动, 检索结束后, 用 MDI 执行移动指令
100	设定参数可写入 ON 状态, 转换为 OFF 之后复位
101	在程序编辑中, 改写存储器时, 电源断开, 发生这种报警时, 设定参数 PWE=1 边按 (DELET) 边再接通电源。需要清除存储器
110	固定小数点显示数据的绝对值, 超过了允许范围
111	宏程序命令运算结果超过允许范围 ($-2^{31} - 2^{31} - 1$)
112	除数为“零”(也包括 $\tan 90^\circ$)
113	指令了用户宏程序中不能使用的功能
114	指令了 G65 的程序段中未定义的 H 代码 (式) 以外的格式中有误。用于用户宏程序 B
115	指定了没有定义的值作为变量号
116	用 P 指定的变量号为禁止输入的变量 输入式的左侧为禁止输入的变量。用于用户宏程序 B
118	括号的嵌套数超过了上限值 (5 重)
119	SQRT 或 BCD 的自变量为负值 SQRT 的自变量为负值。或 BCD 的自变量为负值, BIN 自变量的各位为 0~9 以外的值。用于用户宏程序 B
112	宏程序模态调出, 指定为 2 重, 仅 M
123	在 DNC 运转中, 使用用户宏程序控制指令
124	DO-END 没有 1:1 地对应
125	指令了 G65 中不能使用的地址 (式) 以外的格式中有误。用于用户宏程序 B
126	DO _n 中, $1 \leq n \leq 3$ 不成立
127	NC 指令与宏程序指令混用
128	在转移命令中, 转移点的顺序号不是 0~9999, 或者没有找到转移点的顺序号
129	指令了 (自变量) 中, 不允许的地址
130	在 CNC 侧的控制中, 由 PMC 的轴控制指令, 指令 PMC 控制的轴, 相反, PMC 的轴控制中, 则由 CNC 指令
131	在外部报警信息中, 发生了 5 次以上的报警
132	在外部报警信息的清零中, 没有相对应的报警号
133	外部报警信息及外部操作信息中, 数据中有错误
135	一次也没有进行主轴定位, 就进行了主轴分度, 指令的分度头分度的定位角度不是最小角度值的整数倍, 仅用于 0-M
136	与主轴分度的地址 C.H 同在一个程序段中, 执行其它轴的移动指令。在分度头分度中, 同时指令了 B 轴与其它控制轴。仅用于 0-M

(续)

号码	含 义
137	与主轴分度有关的 M 代码在同一程序段中, 执行其它轴的移动指令。仅用于 0-T
139	在 PMC 轴控制中, 选择指令中的轴
140	在后台选择或消除了前台所选择的程序
141	在刀具补偿方式中, 指令 G51 (比例缩放)。仅用于 0-M
142	用 1~999999 以外的值, 指令比例缩放倍率。仅用于 0-M
143	比例缩放后, 移动量、坐标量、圆弧半径等超过了最大值令值。仅用于 0-M
144	坐标旋转平面与圆弧或刀具半径补偿 C 的平面不同。仅用于 0-M
145	极坐标插补开始或者取消时, 条件不正确。仅用于 0-M ·C40 以外的方式中, 指令了 G112/G113 ·平面选择有错误 (参数设定的错误)
146	极坐标插补方式中, 指令了不能指令的 G 代码。仅用于 0-T
148	自动拐角倍率的减速比及判定角度, 变为可以设定范围以外的值。仅用于 0-T
150	刀具组号超过了允许的最大值。仅用于 0-M
151	加工程序中, 未设定已指令的刀具组数。仅用于 0-M
152	一组内刀具的个数超过了可能存储的最大值。仅用于 0-M
153	寄存 T 代码的程序段中, 未存入 T 代码。仅用于 0-M
154	没有指令组而指令了 H99, D99, 仅用于 0-M
155	加工程序中, 与 M06 在同一程序段的 T 代码和使用中的组不对应。仅用于 0-M
156	设定刀具组的程序的开头, 缺少 P, L 指令。仅用于 0-M
157	想要设定的刀具组数超过了允许的最大值。仅用于 0-M
158	想要设定的刀具寿命值过大。仅用于 0-M
159	设定的程序在执行中, 电源被切断。仅用于 0-M
160	待命的 M 代码, 指令了 HEAD1、HEAD2 中不同的 M 代码。仅用于 0-TT
175	圆柱插补开始或取消时的条件不正确。i) 与 G107 同时指令旋转轴的半径。ii) 与 G107 同时指令 2 轴。 iii) 刀尖 R 补偿中, 指令 G107
176	指令了圆柱插补中不能指令的 G 代码
177	在高速远距离缓冲中发生了检测和数误差
178	在 G41/G42 方式中, 指令了圆柱插补
179	在参数 587 中设定的控制轴数, 超过了最大控制轴数
180	在高速远距离缓冲中发生了线路报警
190	恒表面速度控制中, 轴指定有错误。(程序错误) 仅用于 0-M
194	在串行主轴同步控制方式中, 指令轮廓加工或 Cs 轴控制及刚性攻丝方式 (请在解除同步控制后指令) 此外, 在简易同步控制方式中指令同步控制。(请在解除同步控制后指令)
195	在串行主轴同步控制方式中, 向轮廓加工方式或 Cs 轴控制及刚性攻丝方式切换的指令及向主轴控制方式的切换不能正常结束。(相对于来自 NC 的切换指令, 与主轴控制单元侧切换有关的反应不正常时发生。该报警虽在操作错误警告中没有, 但如果在这种状态下持续运转会有危险, 应变为 P/S 报警。)

(续)

号码	含 义
197	COFF 信号接通时, 可由程序对 Cf 轴或 Cs 轮廓轴进行了移动指令。仅用于 0-T CON 时, 可由程序对 Cs 轮廓轴进行了移动指令。仅用于 0-M
199	不能进行宏程序语言处理
200	刚性攻丝中, S 值在范围以外或未被指令。(程序错误)
201	刚性攻丝中, F 未被指令。(程序错误)
202	刚性攻丝中, 主轴分配量过大。(程序错误)
203	刚性攻丝中, M29 或 S 的指令位置不对。(程序错误)
204	刚性攻丝中, M29 和 G84 (G74) 程序段之间, 指令了轴移动。(程序错误)
205	刚性攻丝中虽然指令了 M29, 但是, 执行 G84 (G74) 程序段时。刚性方式 DI 信号未接通。(PMC 不正常)
206	刚性攻丝方式中, 指令了平面切换
210	程序运转时, 执行了 M198, M099。NC 运转中, 执行了 M198
211	带有高速跳过任选功能时, 用每转指令了 G31
212	在含有附加轴的平面中, 执行了图纸尺寸直接输入指令。仅用于 0-M。执行了 Z-X 以外的平面中不能指令的指令, 仅用于 0-T
213	刚性攻丝方式中, 指令了平面切换。同步控制中, 对第 4 轴指令了 JOG、手轮、跳过。同步控制中, 向主轴指令了低速返回参考点。同步控制中, 主轴-第 4 轴 的位置偏差量超过了临界值
214	在同步控制中, 进行坐标系设定及偏移型刀具补偿。仅用于 0-T
217	在 G251 方式中, 又指令了 G251。仅用于 0-T
218	G251 程序段中, P 或 Q 没有被指令或者指令值在指令范围以外。仅用于 0-T
219	G251, G250, 不是单独程序段。仅用于 0-T
220	在同步运转中, 由 NC 程序或 PMC 轴控制接口, 相对同步轴执行移动指令。仅用于 0-T
221	同时进行了多面体加工, 同步运转和 Cs 轴控制以及平衡切削。仅用于 0-T
222	后台编辑中, 同时进行了输入输出。仅用于 0-M

(2) 绝对脉冲编码器 (APC) 中的报警 (n 为控制轴号)

号码	含 义
3n0	n 轴中需要手动返回参考点
3n1	n 轴, APC 通讯失误。数据传送不正常
3n2	n 轴, APC 超时错误。数据传送不正常
3n3	n 轴, APC 成帧错误。数据传送不正常
3n4	n 轴, APC 奇偶错误。数据传送不正常

(续)

号码	含 义
3n5	n 轴, APC 脉冲失误。数据传送不正常
3n6	n 轴, 用于 APC 的电池电压降低到不能保持数据的程度。APC 报警
3n7	n 轴, 用于 APC 的电池电压下降, 需要立即更换电池。APC 报警
3n8	n 轴, 用于 APC 的电池电压不足, (包括关断电源时) 需要更换电池。APC 报警
3n9	n 轴串行脉冲异常, 或串行脉冲的通讯错误 (数据传送不正常) 详细内容请参照诊断号 No.760 - 767, No.770 ~ 777

(3) 伺服报警

号码	含 义
100	过载信号起动
101	速度控制 READY 信号 (VRDY) 关闭
102	第 3 轴、第 4 轴的过载信号起动
103	第 3 轴、第 4 轴的速度控制 READY 信号 (VRDY) 关闭
104	虽然位置控制的 READY 信号 (VRDY) 关闭, 但是, 速度控制的 READY 信号却不关闭。此外, 接通电源时, READY 信号 (VRDY) 未接通, 速度控制的 READY 信号却接通了
105	位置控制系统不正常, 返回参考点中, NC 内部或伺服系统出现异常, 不能正确返回参考点时, 重新用手动返回参考点
408	串行主轴系统中的电源接通时, 主轴控制单元会产生不正常起动的状态。产生的原因大致有以下 3 种: ① 光缆连接不良, 主轴控制单元的电源关断 ② 串行主轴参数设定错误或未设定 ③ 其它 (硬件组装错误等) 该报警包括主轴控制单元系统一次起动后不发生
409	串行主轴系统中, 在 NC 上警告主轴单元侧发生报警的报警。有关报警内容, 在主轴控制单元侧以 AL - × × (× × 为数字) 的形式显示, 其内容请参照主轴控制单元的资料
4n0	n 轴在停止时的位置偏差量大于设定值
4n1	n 轴中, 移动中位置偏差量的值大于设定值
4n3	n 轴误差寄存器的内容超过了 ± 32767 或者 DA 转换器的速度指令值在 $-8192 \sim +8191$ 的范围以外。该错误通常为各种设定错误
4n4	n 轴的数字伺服系统出现异常, 详细内容被 DGNOS 的 720 号 ~ 727 号输出, 数字伺服系统报警
4n5	在 X 轴中, 指令了大于 511875 检测单位/see 的速度。该错误是 CMR 设定的错误
4n6	n 轴脉冲编码器的位置检测系统不正常 (断线报警)
4n7	k 轴为下面任意一个条件都会出现报警, 数字伺服系统报警 i) 参数 8n20 电机型号中, 设定了指定范围以外的值 ii) 参数 8n22 的电机旋转方向中, 未设定正确的值 (111 或 -111) iii) 参数 8n23 的电机 1 转速度的反馈脉冲数中, 设定了小于 0 的不正确数据 iv) 参数 8n24 的电机 1 转位置的反馈脉冲数中, 设定了小于 0 的不正确数据

(续)

号码	含 义
4n7	<p>v) 在参数运算时, 发生了溢出</p> <p>1) 使用高分辨率脉编时, 下式的计算值超过了 32767</p> $PDA1 \cdot \frac{N_p}{2000} \cdot \frac{1}{(1 + LDINT/256)}$ <p>因此, 当计算值超过了 32727 时, 请将 PDA1 设定为 0</p> <p>2) 当用位置检测为 1μm, 速度检测为 0.1μm 控制时, 下式的计算值, 过了 32767</p> $655 \cdot \frac{PG}{20} \cdot \frac{No: 8N23 \text{ 的值}}{No: 8N24 \text{ 的值}} \cdot \frac{4}{DWR}$ <p>因此, 当计算值超过了 32767 时, 请减小位置增益的值。或者对于半闭环系统来说, 可以交换高分率脉编并使用 DMR1/5 功能</p> <p>3) 当用位置检测为 0.1μm 控制时、0.1μm 控制的选择功能未指定</p> <p>vi) 轴选择的参数不正确</p> <p>轴选择的参考号为 No269 - 274</p> <p>用 M 系列时, 第 4 轴接口的选择功能未指定</p>

注: n 为 1~5, 表示控制轴号。

数字伺服系统报警的 No.4n4 的详细内容, 按照 X 轴, Y(Z)轴、Z(C,PMC)轴、第 4(Y,PMC)轴, 第 5 轴~第 8 轴的顺序, 由诊断号 720、721、722、723、724、725 显示。
DGNOS NO.

720~725	OVL	LV	OVC	HCAL	HVAL	DCAL	FBAL	OFAL
	7	6	5	4	3	2	1	0

OFAL: 发生溢出报警。 HCAL: 发生异常电流报警。
FBAL: 发生断线报警。 OVC: 发生超电流报警。
DCAL: 发生再生放电电路报警。 LV: 发生电压不足报警。
HVAL: 发生超电压报警。 OVL: 发生超载报警。

(4) 超程报警

号码	含 义
510	超过了 X 轴 + 侧的行程限位
511	超过了 X 轴 - 侧的行程限位
512	超过了 X 轴 + 侧的第 2 行程限位
513	超过了 X 轴 - 侧的第 2 行程限位
514	超过了 X 轴 + 侧的硬件 OT。仅用于 0 - M
515	超过了 X 轴 - 侧的硬件 OT。仅用于 0 - M
520	超过了 X 轴(M)或 Z 轴(T) + 侧的行程限位
521	超过了 Y 轴(M)或 Z 轴(T) - 侧的行程限位
522	超过了 Y 轴(M)或 Z 轴(T) + 侧的第 2 行程限位
523	超过了 Y 轴(M)或 Z 轴(T) - 侧的第 2 行程限位
524	超过了 Y 轴 + 侧的硬件 OT。仅用于 0 - M
525	超过了 Y 轴 - 侧的硬件 OT。仅用于 0 - M

(续)

号码	含 义
530	超过了 Z 轴 + 侧的行程限位。仅用于 0 - M
531	超过了 Z 轴 - 侧的行程限位。仅用于 0 - M
532	超过了 Z 轴 + 侧的第 2 行程限位
533	超过了 Z 轴 - 侧的第 2 行程限位
534	超过了 Z 轴 + 侧的硬件 OT。仅用于 0 - M
535	超过了 Z 轴 - 侧的硬件 OT。仅用于 0 - M
540	超过了第 4 轴 + 侧的行程限位。仅用于 0 - M
541	超过了第 4 轴 - 侧的行程限位。仅用于 0 - M
550	超过了第 5 轴 + 侧的行程限位
551	超过了第 5 轴 - 侧的行程限位
560	超过了第 6 轴 + 侧的行程限位
561	超过了第 6 轴 - 侧的行程限位

(5) PMC 报警

号码	含 义
600	在 PMC 中, 发生了违反指令的中断
601	PMC 的 RAM 出现奇偶错误
602	PMC 的串行传送出现奇偶错误
603	PMC 的监视计时器出现错误
604	PMC 的 ROM 出现奇偶错误
605	超过了 PMC 中可以存储的梯形图的容量
606	以往的 I/O 模式分配数据错误 (FANUC I/O LIND 的报警中没有)。

(6) 过热报警

号码	含 义
700	主板过热
704	由主轴变动检测给出的主轴过热报警

(7) 系统错误

号码	含 义
910	RAM 出现奇偶错误 (lowbyte)
911	RAM 出现奇偶错误 (highbyte)
912	数字伺服均有 RAM 奇偶错误 (LOW)
913	数字伺服均有 RAM 奇偶错误 (High)
914	数字伺服的局部有 RAM 奇偶错误
920	监测器出现报警 (Watch dog alarm)
921	5/6 轴伺服报警
930	CPU 报警 (abnormal interrupt)
940	在本系统软件中安装了不能使用的印制电路板

(续)

号码	含 义
941	存储印制电路板脱落
945	串行主轴控制的硬件功能不正常。或与串行主轴的串行通讯中,发生了通讯错误。①接通电源后,发生该报警时,可认为是 NC 的存储器控制板与串行主轴不对应,请确认存储器控制板的图号。(SIC 中为 A16B-1212-0215, SIC-2 中为 A16B-1212-0126)若存储器控制板图号没问题,需要更换存储器控制板(控制板不良) ②接通电源后,系统启动时发生该报警,可判断为通讯错误。其主要原因一般可认为是光缆脱落,断线等此外,NC 侧若与主轴控制单元侧 SIC 不是同一型号的 LSI,会发生通讯错误,最后可能会发生该报警
946	串行主轴控制中,与指令第 2 台的连接无关,不能指定第 2 台的串行主轴放大器的通讯(请确认第 2 台放大器的连接,起动)。
950	保险断线报警。请更换电源单元的 +24E 用的保险
960	在副 CPU 中发生 NMI
998	ROM 奇偶错误

(8) 后台编辑报警 (BP/S)

???	与一般的程序编辑中发生的 P/S 号报警相同,发生 BP/S 报警。TM(070,071,072,073,074)
140	在前台编辑中选择或消除的程序,在后台编辑中也选择或消除了

注:后台编辑中的报警,不显示在一般的报警画面上,而显示在后台编辑中的键输入行中,可由下一次的 MDI 键操作设定。

(9) 宏程序报警

号码	含 义
500~599	用户宏程序中发生的报警

附录 B 常用数控名词中英文对照

A

A - axis	A 轴	Acting control	动作控制
Abnormal end	异常结束	Acting position measurement	动作位置测量
Abort	异常结束	Acting speed measurement	动作速度测量
Absolute accuracy	绝对精度	Acting time	动作时间
Absolute address	绝对地址	Active storage	现用存储器
Absolute addressing	绝对编址	A - D converter	模拟 - 数字变换器
Absolute code	绝对代码	ADAPT	美国的一种数控语言
Absolute coordinate	绝对坐标	Adapter	适配器
Absolute dimension	绝对尺寸	Adaptive control	自适应控制
Absolute dimensioning	绝对尺寸标示法	Adaptive control optimization	最优适应控制
Absolute error	绝对误差	Add operation	加法运算
Absolute position readout	绝对位置显示	Adder	加法器
Absolute programming	绝对编程	Address	地址
Absolute measuring system	绝对测量系统	Address code	地址码
Absolute reference point	绝对基准点	Address register	地址寄存器
Absolute system	绝对系统	Addressing	寻址
Absolute value	绝对值	AEC (Automatic Electrode Changer)	自动电极交换系统
Absolute zero point	绝对零点		
ACC (Adaptive Control Constraint)	限制式适应控制	Aerostatic way	气体静压导轨
Acceleration and deceleration	加速和减速	After - sale service	售后服务
Acceleration distance	加速距离	AI (Artificial Intelligence)	人工智能
Acceleration time	加速时间	AIA (Aerospace Industries Association)	(美国) 宇航工业协会
Acceptance test	验收试验		
Access cycle	存取周期	Aiming circle	瞄准圈
Access method	存取方法	Alarm	报警
Access time	存取时间	Alarm display	报警显示
Accessories	附件, 辅助设备	Alarm number	报警号
Accumulated error	累积误差	ALGOL	ALGOL 语言
Accumulator	累加器	Algorithm	算法
Accuracy	准确度, 精确度	Alignment function	对准功能
Acknowledge charater	确认字符	Aligning point	对准点
Acoustic coupler	声音耦合器	Alignment check	准直精度检查
Acoustic emission	声发射	Alphameric character set	字母数字字符集
Acoustic input device	声音输入装置	Alphanumeric code	字母数字代码
Acronym	首字母组合词	Ambient temperature	环境温度
ACSE (Association Control Service Elements)	相联控制服务元素	AMP (adjustable machine parameter)	可调机床参数
		Amplifier	增幅器、放大器

Amplitude detection	幅值检测	Assembly language	汇编语言
Amplitude limiter	限幅器	Assembly list	汇编表
AM/PSK (Amplitude Modulation/Phase Shift Keying)	调幅/移相键控	Assembly order	装配命令
Analog	模拟	Assembly parts list	零件(汇总)清单
Analog channel	模拟通道	Assembly program	汇编程序
Analog computer	模拟计算机	Assembly requisition	装配请求
Analog data	模拟数据	Assembly routine	汇编程序
Analog input	模拟输入	Assembly sequence	装配顺序
Analog output	模拟输出	Assignment	赋值
Analog signal	模拟信号	Associative memory	相关存储器
Analog switch	模拟开关	Asynchronous computer	异步计算机
Analogue integrated circuit	模拟集成电路	Asynchronous operation	异步操作
Analysis	分析	ATC (Automatic Tool Changer)	自动换刀装置
AND	“与”	Attention key	注意键
AND circuit	“与”电路	Attenuation	衰减
AND gate	“与”门	Attenuator	衰减器
AND NOT gate	“与非”门	Audio frequencies	音频
AND - OR - NOT gate	“与或非”门	Audio response unit	声音响应装置
Angular position transducer	角度位置传感器	AutoMAP (Automatic Machine Program)	自动加工程序
ANSI (American National Standard Institute)	美国国家标准学会	Automated assembly	自动装配
Annunciator	报警器	Automatic acceleration and deceleration	自动加减速
Answerback	响应	Automatic check	自动校验
APC (Automatic Pallet Changer)	自动托盘交换装置	Automatic control	自动控制
APL (A Programming Language)	APL 语言	Automatic controller	自动控制器
Application program	应用程序	Automatic control system	自动控制系统
Approach light	趋近(接近)灯	Automatic coordinate system setting	自动坐标系设定
APT (Automatic Programmed Tools)	自动编程系统	Automatic cycle	自动循环
Arc, clockwise	顺时针圆弧	Automatic data processing	自动数据处理
Arc, counter clockwise	逆时针圆弧	Automatic feed	自动进给
Arithmetic element	算术元素	Automatic programming	自动程序编制
Arithmetic operation	算术运算	Automatic reference point return	自动返回基准点
Arithmetic register	运算寄存器	Automation	自动化
Arithmetic unit	运算器, 运算单元	AUTOPROL (Automatic Program for Lathe)	车床自动程序
ARQ (Automatic Request for Repeat)	自动请求重复	AUTOPROMT (Automatic Program for Machine Tools)	机床自动程序
ASCII (American Standard Code for Information Interchange)	美国信息交换标准代码	AUTOPROPS (Automatic Program for Positioning System)	定位系统自动程序
Assemble	汇编	AUTOSPOT (Automatic System for Positioning of Tools)	刀具定位自动系统
Assembler	汇编程序	Auxiliary function	辅助功能
Assembly	装配	Auxiliary function word	辅助功能字
Assembly bill of materials	材料清单		

Auxiliary storage	辅助存储器	Axis	坐标轴, 轴
Available machine time	有效切削时间	Axis interrhange	坐标轴交换
Axial feed	轴向进给	Axis inversion	坐标轴变号

B

B - axis	B 轴	Bidirectional bus	双向总线
BAC (Bus Arbitration Controller)	总线仲裁控制器	Bidirectional photoelectric reader	双向光电阅读机
Background processing	后台处理	Bill of materials	材料清单
Backlash compensation	间隙补偿	Binary	二进制的
Backlog of orders	订货单积压	Binary arithmetic operation	二进制算术运算
Backspace character	退格符	Binary code	二进制码
Backup copy	备用副本	Binary coded address	二进制编码地址
Backward - forward counter	正反向计数器	Binary coded character	二进制编码字符
Backward - scheduling	反向日程安排	Binary digit	二进制数字
BAL (Basic Assembly Language)	基本汇编语言	Binary notation	二进制记数法
Ball lead screw	滚珠丝杠	Binary number	二进制数
Ball screw pair	滚珠丝杠副	Binary operation	二进制运算
Base address	基地址	Binary point	二进制小数点
Baseband	基带	Binary scale	二进制记数法
Base - minus - one' s complement	基数减一的补码	Binary to decimal conversion	二十进制转换
Base number	基数	Binary to hexadecimal conversion	二 - 十六进制转换
BASIC	BASIC 语言	Bionics	仿生学
Basic option	基本选择 (功能)	Bipolar	双极性
Basic unit	基本单元	Bipolar CPU slice	双极性 CPU 位片
Batch	一批	Bipolar integrated circuit	双极性集成电路
Batch proeessing	批处理	Bipolar transistor	双极性晶体管
Baud	波特	Biquinary	二 - 五进制
Baud rate	波特率	Biquinary code	二 - 五进制码
BCD (Binary Coded Decimal)	二 - 十进制	Bistable circuit	双稳态电路
BCD format	二 - 十进制格式	Bit	二进制位, 比特
BCD notation	二 - 十进制记数法	Bit density	位密度
BCD number	二 - 十进制数	Bit error rate	误码率
BCD representation	二 - 十进制表示法	Bit location	位单元
BDAS (Basic Data Administration Service)	基本数据管理服务	Bit parallel	位并行
Bed	(机床) 床身	Bit rate	位速率
Beginnin; of tape marker	磁带记录开始标记	Bit serial	位串行
Bench mark	基准, 基准程序	Bit slice	位片
Benchmark problem	基准问题	Bit slice central processing element	位片式中央处理单元
BHN (Brinell Hardness Number)	布氏硬度 (数)	Bit string	位串
Bias	偏压 (流), 偏磁	Black box	未知框
BIC (Broadband Interiace Controller)	宽带接口控制器	Blade vertical copying milling machine	立式叶片仿形铣床

Blank	空白, 间隔	Branch instruction	转移指令
Blank character	空白符, 间隔符	Bread board	实验电路板
Blank form	空白格式	Break point	断点
Blinking control	闪烁控制	Bridge	信桥
Block	字块, 程序段	BRM (Binary Rate Multiplier)	二进制比例乘法器
Block address format	程序段地址格式	Broadband	宽(频)带
Block-by-block mode	单程序段操作方式	Broadcast	广播
Block count readout	程序段数读出	BS (Back Space)	退格
Block delete	程序段注销	BSI (British Standard Institute)	英国标准学会
Block diagram	框图	BTR (Behind the Tape Reader)	旁路读带机系统
Block format	程序段格式	Bubble memory	磁泡存储器
Block length	块长度	Buffer	缓冲器(区)
BMI (Basic Machine Interface)	基本机床接口	Buffer storage	缓冲存储器
Boolean algebra	布尔代数	Bug	错误, 故障
Bootstrap	引导	Bulk storage	大容量存储器
Boring and milling center	镗铣加工中心	Burst	脉冲串, 二进制字符组
Borrow	借位	Bus	总线, 母线
BOS (Basic Operating System)	基本操作系统	Bus driver	总线驱动器
BPI (Bit Per Inch)	每时比特	Bus organized structure	总线结构
BPS (Bit Per Second)	每秒比特	Buzz word	行语
BRA (Breaker Alarm)	断路器报警	Byte	字节, 位组
Branch	转移, 分支		

C

C-axis	C轴	Cancel	作废, 删除
CAA (Computer Aided Administration)		Canned cycle	固定循环
	计算机辅助行政管理	Canned routine	固定程序
Cabinet	机柜	Capacity	容量
Cable	电缆	CAPM (Computer Aided Production Management)	计算机辅助生产管理
CAD (Computer Aided Design)	计算机辅助设计	CAPP (Computer Aided Process Planning)	计算机辅助工艺设计
CAD/CAM system for sheet metal	板材计算机辅助设计与制造	CAPP (Computer Aided Production Planning)	计算机辅助生产计划
CAE (Computer Aided Engineering)	计算机辅助工程	CAQA (Computer Aided Quality Assurance)	计算机辅助质量保证
Calculator	计算器	CAQC (Computer Aided Quality Control)	计算机辅助质量控制
Call	调用, 呼叫	CAT (Computer Aided Testing)	计算机辅助测试
Call-in	调入	Card	卡片
Calling sequence	调用序列	Card image	卡片映像
Call-set up	呼叫建立	Card punch	卡片穿孔机
CAM (Computer Aided Manufacturing)	计算机辅助制造	Card reader	卡片阅读机
CAMP (Compiler of Automatic Machine Programming)	机床自动编程的编辑程序		

Carriage return character	回车字符	Clock pulse	时钟脉冲
Carrier band	载波(频)带	Clock pulse generator	时钟脉冲发生器
Carry	进位, 进位数	Closed loop control	闭环控制
Carry line	进位线	Closed loop system	闭环系统
Cartesian coordinate	笛卡尔坐标	CMOS (Complementary Metal Oxide - Semi - conductor)	互补型金属氧化物半导体
Cascade carry	逐位进位	CMOS memory	CMOS 存储器
CASE (Common Application Service Elements)	公用应用服务元素	CMR (Command Multiply Ratio)	指令倍率
CBM (Carrier - Band Modem)	载波带调制解调器	CNC (Computerized Numerical Control)	计算机数控
CC (Cell Controller)	单元控制器	CNC bending press	数控压弯机
CCW (Counter Clock Wise)	逆时针方向	CNC boring machine	数控镗床
CDR (Current Detect Resistor)	电流检测电阻	CNC drilling machine	数控钻床
Cell	单元	CNC grinding machine	数控磨床
Cellular production	单元生产	CNC laser - cutting machine	数控激光切割机
Chaining	链接	CNC lathe	数控车床
Channel	通道, 信道	CNC milling machine	数控铣床
Character	字符	CNC planer - type milling machine	数控龙门铣床
Character check	字符检查	CNC punching and nibbling machine	数控步冲压力机
Character code table	字符代码表	CNC ram press	数控冲压机
Character generator	字符发生器	CNC turning machine	数控车床
Character set	字符集	CNC wire - cut machine	数控线切割机
Check	校验	Coaxial cable	同轴电缆
Check bit	校验位	COBOL	COBOL 语言
Check surface	检查面	Code	代码
Check routine	检验程序	Code conversion	代码转换
Chip	切屑、芯片	Code converter	代码转换器
Chip conveyer	排屑装置	Command	命令
Chip removal system	排屑系统	Command language	命令语言
CIE (Computer Integrated Engineering)	计算机集成工程	Command pulse	命令脉冲
CIM (Computer Integrated Manufacturing)	计算机集成制造	Command tape	命令带
CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)	计算机集成制造系统	Comment statement	注解语句
Circuit	电路	Common parts	公用零件
Circular interpolation	圆弧插补	Communication link	通信线路
CL (Cutter Location)	刀具位置	Comparator	比较器
Clamping system	夹紧系统	Compatibility	兼容性
CLDATA (Cutter Location Data)	刀具位置数据	Compile	编译
Clear	清除, 清零	Compiler	编译程序
Climb milling	顺铣	Complement	补码
Clock	时钟	Complementary operator	求反运算符
Clock frequency	时钟频率	Computer	计算机
		Computer program	计算机程序
		Conditional branch	条件转移

Configuration	配置	Copying milling machine	仿形铣床
Console	控制台	Copying tool post	仿形刀架
Constant cutting speed	恒切削速度	Core memory	磁心存储器
Constant power	恒功率	Cornering	拐角
Constant surface speed control	恒表面速度控制	Cost - performance rate	性能价格比
Constant torque	恒转矩	Counter	计数器
Context	上下文	Counter balancer	平衡装置
Continuous feed	连续进给	Counter clockwise arc	逆时针圆弧
Continuous path operation	连续轨迹运算	CP (Communication Protocol)	通信协议
Contouring control system	轮廓控制系统	CPS (Character Per Second)	每秒字符数
Control	控制 (装置)	CPU (Central Processing Unit)	中央处理单元
Control character	控制字符	CR (Carriage Return)	回车符号
Controlled variable	被控变量	Crank shaft lathe	曲轴车床
Controller	控制器	CRC (Cyclic Rudent Check)	循环冗余码校验
Control medium	控制介质	Cross assembler	交叉汇编程序
Control panel	控制面板	Crosstalk	串行, 串音
Control program	控制程序	CRT (Cathode Ray Tube)	阴极射线管
Control terminal	控制终端	CTD (Computer Tool Desagn)	计算机辅助工具设计
Control unit	控制单元 (装置)	Cursor	光标
Conversational mode	对话方式	Cutter center line	刀具中心线
Conversational automatic programming system	对话型自动编程系统	Cutter compensation	刀具补偿
		Cutter offset	刀具偏置
Conversion	转换	Cutter path	刀具轨迹
Converter	变换器	Cutter radius compensation	刀具半径补偿
Conventional milling	逆铣	Cutter relieving	让刀
Coordinate dimension word	坐标尺寸字	Cut vector	切削矢量
Coordinate dimensioning	坐标尺寸标定	CW (Clockwise)	顺时针方向
Coordinated logging	协作记录	Cybernetics	控制论
Copy	复制	Cycle	周期, 循环
Copying lathe	仿形车床	Cycle shift	循环移位
Copying machine	仿形机床	Cycle start	循环起动

D

D - A converter	数字 - 模拟变换器	Data communication	数据通信
Damping	阻尼	Data entry	数据输入
DAS (Data Assembly Service)	数据装配服务	Data file	数据文件
Data	数据	Data item	数据项
Data access	数据存取	Data link	数据链路
Data acquisition	数据采集	Data management	数据管理
Data base	数据库	Date medium	数据载体, 数据介质
Data block	数据块	Data processing	数据处理
Data bus	数据总线	Data streams	数据流
Data channel	数据通道		

DBMS (Data Base Management System)	数据库管理系统	Digital readout	数字显示
		Digitize	数字化
DCAL (Discharge Alarm)	放电报警	Direct access	直接存取
DCE (Data Communication Equipment)	数据通信设备	Direct address	直接地址
		Director	控制机
DCL (Discharge Resister)	放电电阻	Disassembler	反汇编程序
DCS (Defined Context Sct)	规定上下文集	Disc (同 disk)	磁盘
DDA (Digital Differential Analyzer)	数字微分分析器	Discrete circuit	分立 (元件) 电路
		Display unit	显示单元
DDAS (Distributed Data Administration System)	分布数据管理系统	Distributed multimicroprocessor system	分布式多微处理机系统
DDS (Decision Support System)	决策支持系统	DM (Diode Module)	二极管模块
DDS (Data Dictionary Service)	数据字典服务	DMA (Direct Memory Access)	直接存储器存取
Debug	排除错误, 排除故障调试	DMLS (Data Manipulation Language Server)	数据操纵语言服务
Deburring machine	去毛刺机	DMR (Detect Multiply Ratio)	检测倍率
Deceleration distance	减速距离	DNC (Direct Numerical Control)	直接数字控制
Decimal	十进制的	DNC (Distributed Numerical Control)	分布式数字控制
Decimal fraction	十进制小数		
Decision instruction	判定指令	DOS (Disk Operating System)	磁盘操作系统
Decode	译码	Double column jig boring and milling machine	双柱坐标镗铣床
Decoder	译码器		
Deep-hole drilling machine	深孔钻床	Double column vertical lathe	双柱立式车床
Degauss	去磁, 消磁	Downtime	停工时间
DEL (Delete Character)	作废符	Drift	漂移
Delivery cycle	交货周期	Drift error	漂移误差
Demodulation	解调	Drift error compensation	漂移误差补偿
Depth of cut	切削深度	Drop cable	支接电缆
Destructive read	破坏性读出	Dry run	空运转
Detector	检测器	DSAP (Destination Service Access Point)	目的服务存取点
Deviation	偏差		
Deviation alarm	偏差报警	DSCG (Digital Sine Cosine Generator)	数字式正弦余弦发生器
DFT (Diagnostic Function Test)	诊断功能测试 (程序)		
		DSS (Decision Supporting System)	决策支持系统
Diagnosis	诊断	DTE (Date Terminal Equipment)	数据终端设备
Diagnostic routine	诊断程序	Dual-port memory	双端口存储器
Diagnostic test	诊断测试	Due date	预定日期
Dial-up	拨号	Dump	转储
Die changing device	换模装置	Duplex	双工的, 双向的
Differential resolver	差动旋转变压器	Dwell	暂停
Digit	数字	Dynamic behavior	动态特性
Digital data	数字数据	Dynamic control	动态控制
Digital display	数字显示	Dynamic error	动态误差
Digital phase modulation	数字相位调制器		

Dynamic response

动态响应

E

Edit	编辑	Error	误差
Edit mode	编辑方式	Error correcting code	纠错码
Editor	编辑程序	Error Detecting Code	检错码
Effective address	有效地址	Error range	误差范围
EIA (Electronic Industries Association)		Error span	误差跨距
	(美国) 电子工业协会	Error register	误差寄存器
EIA standard code	EIA 标准代码	ERS (External Reset)	外部复位
Electric spindle orientation control	主轴定向电气控制	ES (Expert System)	专家系统
Emergency button	应急按钮	Ether net	以太网
Emergency stop	急停	Exact stop	准确停止
EMI (Electrical Magnetic Interference)	电磁干扰	EXAPT (Extended APT)	扩充型 APT (语言)
Emulate	仿真	Excess - 3 code	余 3 码
Emulation program	仿真程序	Exclusive Or gate	异或门
Emulator	仿真器	Execute	执行
Enable	启动, 能使	Executive program	执行程序
Encode	编码	Executive system	执行系统
Encoder	编码器	External alarm message	外部报警信息
End - around carry	循环进位	External cylindrical grinding machine	外圆磨床
End item	末项	External date input	外部数据输入
ENQ (Enquiry Character)	询问字符	External deceleration	外部减速
EOB (End of Block)	程序段结束符	External memory	外存储器
EOP (End of Program)	程序结束	External mirror image	外部镜像
EOT (End of Tape)	控制带结束	External position display	外部位置显示
EPA (Enhanced Performance Architecture)		External tool compensation	外部刀具补偿
	增强性能结构	External work number search	外部工件号检索
Erase	抹除, 清洗		

F

FA (Factory Automation)	自动化工厂	Feed hold	进给保持
Fabrication order	生产命令	Feedrate	进给速度
FAPT 日本 FANUC 公司的数控自动编程语言		Feedrate override	进给速度倍率
FEC (Forward Error Correction)	前向纠错	Ferrite	铁氧体, 铁淦氧
Feed	进给	Field	字段, 域, 场
Feedback	反馈	File	文件
Feedback control	反馈控制	Film integrated circuit	薄膜集成电路
Feedback loop	反馈环路	Firmware	固件
Feedback system	反馈系统	Fixed block format	固定程序段格式
Feed forward control	前馈控制	Fixed cycle	固定循环
Feed function	进给功能	Fixed point	定点

Fixed zero	固定原点	FMS (Flexible Manufacturing System)	柔性制造系统
Fixture	夹具	Foreground - background technique	前后台技术
Flag	标记, 特征位	Form cutting	成形加工
Flat flexible cable	扁平电缆	Format	格式
Flexibility	灵敏性, 柔性	FORTRAN	FORTRAN 语言
Flexible manufacturing system for sheet metal	板材柔性制造系统	Forward - backward counter	双向计数器
Flip - Flop	触发器	Frame format	帧格式
Floating point	浮点	Freon	氟里昂
Floating point number	浮点数	Frequency bandwidth	频带宽度
Floating point representation	浮点表示法	Frequency response	频率响应
Floating zero	浮动零点	Friction clutch	摩擦离合器
Floor - type gantry boring and milling machine	落地龙门铣镗床	FRN (Feedrate Number)	进给率数
Floor - type face milling machine	落地端面铣床	FSK (Frequency Shift Keying)	频移键控
Floppy disk	软磁盘	FTAM (File Transfer Access and Management)	文件传输存取与管理
Floppy disk drive	软磁盘机	Full - adder	全加器
Flowchart	流程图, 程序框图	Function	功能, 函数
FMC (Flexible Manufacturing Cell)	柔性制造单元	Function key	功能键
FML (Flexible Manufacturing Line)	柔性制造生产线	F - V converter	频率 - 电压变换器

G

G - code	G 代码	Graphic	图形的
G - function	准备功能	Graphic data processing	图形数据处理
Gain	增益	Graphic display	图形显示
Gate	门电路	Graphic display function	图形显示功能
Gate pulse	门脉冲, 选通脉冲	Grating	光栅
Gate way	信关	Grating digital display	光栅数字显示
Gear hobbing machine	滚齿机	Gray code	葛莱码
Gear manufacturing machine	齿轮加工机床	Grid zero	栅格零
Gear shaping machine	插齿机	GT (Group Technology)	成组技术
General NC Language processor	通用数控语言处理程序	GTL (Geometry Technology Language)	几何工艺语言
General purpose computer	通用计算机	GTO (Gate Turn Off) thyristor	门级可关断晶闸管
GKS (Graphical Kernel System)	图形核心系统	GTR (Giant Transistor)	巨型功率晶体管

H

Half adder	半加器	Halt instruction	停机指令
Half duplex	半双工	Hand shaking	信号交换
Half - word	半字	Hard copy	硬拷贝
Hall effect	霍尔效应	Hardware	硬件

Hard-wired logic	硬接线逻辑	High-level language	高级语言
Hard-wired numerical control	硬接线数控	Highpass filter	高通滤波器
HC (Horizontal Check)	水平校验	High speed printer	高速打印机
HCAL (High Current Alarm)	过电流报警	Hold	保持
HDLC (High-level Data Link Control)	高级数据链路控制 (规程)	Horizontal machining centre	卧式加工中心
Heat pipe	热管	Host	主计算机
Heavy-duty machine tools	重型机床	Housekeeping	内务处理
HEC (Hybrid Error Correction)	混合纠错	HVAL (High Voltage - Alarm)	过电压报警
Herical interpolation	螺旋线插补	Hybrid Computer	混合计算机
Heuristic method	试探法	Hybrid IC	混合集成电路
Hexadecimal	十六进制的	Hydrostatic pressure slideway	液体静压导轨
Hidden line	隐线	Hydro-motor	油 (液压) 马达
		ysteresis loop	磁滞回线

I

IC (Integrated Circuit)	集成电路	Indexing	转位
Identifier	标识符	Index register	变址寄存器
Idle time	闲置时间	Indirect address	间接地址
IEC (International Electrotechnical Commission)	国际电工委员会	Inductosyn	感应同步器
IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering)	电气与电子工程学会	Information	信息
IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	隔离门极双极性晶体管	Information bits	信息位
IGES (Initial Graphics Exchange Specification)	初始图形交换规范	Initialization	初始化
Immediate address	立即地址	Initialize	初始化, 预置
Immediate address instruction	立即地址指令	In-process inventory	加工过程中产品清单
IMP (Interface Message Processor)	接口信息处理机	In-process measurement	序中测量
Impedance matching	阻抗匹配	Input	输入
Implied addressing	隐寻址	Input media	输入介质
INC (Integrated Numerical Control)	集成数字控制	Input/output device	输入/输出设备
Inch-metric switching	公英制转换	Input/output interface	输入/输出接口
Inching feed	点动进给	Input register	输入寄存器
Incremental coordinates	增量坐标	Insertion	插入
Incremental dimension	增量尺寸	Instruction	指令
Incremental feed	增量进给	Instruction repertory	指令系统
Incremental position readout	增量位置显示	Instruction set	指令系统, 指令表
Incremental programming	增量编程	Integrated automatic test system	综合自动测试系统
Incremental system	增量制	Integrator	积分器
Incremental transducer	增量传感器	Intelligent robot	智能机器人
Index	变址、下标、索引、分度头	Interchangeable variable length block format	可互换的可变长度程序段格式
Indexed address	已变地址	Interface	接口
		Interference	干扰
		Interlock	联锁
		Internal cylindrical grinding machine	内圆磨床

Internet	网连	Interrupt response	中断响应
Interoperability	互操作性	Invertor	逆变器
Interpolation	插补	IOC (Input Output Controller)	输入输出控制器
Interpolator	插补器, 插补程序	IPM (Inches per Minute)	英寸/分
Interpolator parameters	插补参数	IPR (Inches per Revolution)	英寸/转
Interpreter	解释程序	Is lands of Automation	自动化孤岛
Interrupt	中断	ISO (International Organization of Standardization)	
Interrupt mask	中断屏蔽		国际标准化组织
Interrupt priority	中断优先权	ISO code	ISO 代码

J

Jig	夹具	Jog mode	手动连续进给方式
Jig boring machine	坐标镗床	Jump	转移
Job	作业	Jump instruction	转移指令
Job processing	作业处理	Jumper	跨接线
Job queue	作业排队	Just - in - time production	及时生产
Job scheduling	作业调度		

K

Kernel	核	Key punch	键盘穿孔机
Key	键, 按键	Key - word	关键字
Keyboard	键盘	Kit	成套部件
Keyboard entry	键盘输入	Knee	升降台
Key - in	键入		

L

Ladder diagram	梯形图	LED (Light Emitting Diode)	发光二极管
Ladder diagram display	梯形显示	Left justify	向左对齐
Lag	落后	Length	字长
LAN (Local Area Network)	局域网	LF (Line Feed character)	换行符
Language	语言	Library	程序库
Laser	莱塞, 激光	Library function	库函数
Laser - cut machine	激光切割机	Library routine	库存程序
Laser interferencemeter	激光干涉仪	LIFO (Last In First Out)	后进先出
Latch	锁存器	Light pen	光笔
LCD (Liquid Crystal Display)	液晶显示	Line printer	行式打印机
Lead screw	丝杠	Linear acceleration/deceleration	直线加减速
Lead time	研制周期	Linear Control system	线性控制系统
Leader	带头	Linear displacement transducer	直线位移传感器
Leading zero	前零	Linear integrated circuit	线性集成电路
Least Command increment	最小指令增量	Linear in terpolation	直线插补
Least input increment	最小输入增量	List	表, 列表

L.L.C (Logical Link Control)	逻辑链路控制	Longitudinal feed	纵向进给
Load	装入, 加载, 负载	Longitudinal tool post	纵刀架
Logic	逻辑	Loop	循环, 环路
Logic element	逻辑元件	Low pass filter	低通滤波器
Logic level	逻辑电平	LSB (Least Significant Bit)	二进制最低有效位
Logic symbol	逻辑符号	LSD (Least Significant Digit)	最低有效位
Logical design	逻辑设计	LSI (Large Scale Integrated circuit)	大规模集成电路
Logical diagram	逻辑图	LVAL (Low Voltage Alarm)	欠电压报警
Logical operation	逻辑运算, 逻辑操作		

M

MAC (Media Access Control)	介质存取控制	Main routine	主程序
Machine address	机器地址	Main storage	主存储器
Machine code	机器码	Maintainability	可维修性
Machine datum	机床基准点	Maintenance	维修
Machine home	机床零位	Malfunction	故障
Machine instruction	机器指令	Man - machine dialogue	人机对话
Machine language	机器语言	Manipulated variable	受控变量
Machine lock	机床锁住	Manual absolute on/off	一种数控功能开关 (决定手动移动量是否加到程序值中)
Machine tool reference position	机床基准点	Manual continuous feed	手动连续进给
Machine utilization	机床利用率	Manual control	人工控制
Machining center (MC)	加工中心	Manual data input (MDI)	手动数据输入
Macro	宏程序	Manual feed	手动进给
Magic three code	幻 3 代码	Manual feed rate override	手动进给速度倍率
Magic - 3 feed rate coding	幻 3 进给速度编码	Manual handle feed	手摇盘进给
Magnetic bubble	磁泡	Manual mode of operation	手动操作方式
Magnetic bubble device	磁泡器件	Manual part programming	人工编制零件程序
Magnetic bubble material	磁泡材料	Manual pulse generator	手摇脉冲发生器
Magnetic bubble storage	磁泡存储器	Manual reference point return	手动返回基准点
Magnetic core	磁芯	Manuscript	程序单, 原稿
Magnetic core memory	磁芯存储器	MAP (Manufacturing Automation Protocol)	制造自动化协议
Magnetic disc	磁盘	MAP/EPA (Enhanced performance Architecture)	MAP 增强性能结构
Magnetic disc memory	磁盘存储器		
Magnetic drum	磁鼓		
Magnetic drum memory	磁鼓存储器		
Magnetic head	磁头	Marginal check	边缘检查
Magnetic tape	磁带	Mnss storage	大容量存储器
Magnetic track	磁道	Master clock	主时钟
Magnetostriiction	磁致伸缩	Matrix	矩阵 (电路)
Magnetostriictive delay line	磁致伸缩延迟线	Maximum programming dimension	最大编程尺寸
Main frame	主机, 主机机架	Maximum stroke	最大行程
Main memory	主存储器	MCL (Machine Control Logic)	机床控制逻辑
Main program	主程序	MCS (Machine Control Station)	机床控制面板

MDI & CRT	手动数据输入和 CRT 显示	system)
MDI & DPL	手动数据输入和数码显示	(美国) 麻省理工学院最早开发的一种插补系统
Measured signal	被测信号	MMC (Man - Machine Communication) 人机通信
Measuring probe	测头	MMC (Man - Machine Controller) 人机控制器
Measuring span	量程	MMFS (Manufacturing Message Format Standard)
Measuring system	测量系统	制造报文格式标准
Mechatronics	机电一体化, 机械电子学	MMS (Manufacturing Message Service)
Medium	媒体, 介质	制造报文服务
Memory	存储器	MMS (Manufacturing Message Specification)
Memory capacity	存储器容量	制造报文规范
Memory cell	存储单元	MODEM (Modulator - Demodulator) 调制解调器
Memory cycle time	存储周期时间	Mode of automatic operation 自动操作方式
Memory location	存储单元	Modular construction 模块结构
Menu	菜单	Modular machine tool 组合机床
Metafile elements	编码文件元素	Modulo 组件, 模块
Metal - Oxide - Semiconductor field effect transistor	金属氧化物半导体场效应晶体管	Moire fringe pattern 莫尔条纹图型
MHS (Message Handling System)	报文处理系统	MOL (Motor Over Load) 电机过载
MHz (mega hertz)	兆赫	Monitor 监视器, 监控程序
Microcircuit	微电路	Monostable trigger 单稳态触发器
Microcomputer	微型计算机	MRP - II (Manufacturing Resources Planning)
Microelectronics	微电子学	制造资源规划
Microinstruction	微指令	MRP (Material Requirements Planning)
Micro module	微模块	物料需求计划
Microprocessor	微处理器, 微处理机	MSB (Most Significant Bit) 最高有效位
Microprocessor development system	微处理机	MTBF (Mean Time Between Failures)
	开发系统	平均无故障时间
Microprogram	微程序	MTTR (Mean Time To Repair) 平均修复时间
Microsecond	微秒	Multilayer board 多层印制电路板
Millisecond	毫秒	Multilevel control system 多级控制系统
Minicomputer	小型计算机	Multiple microprocessor system 多微处理机系统
MiniMAP	小型 MAP	Multiple repetitive cycles 多重循环
Mirror image operation	镜像操作	Multiplexing 多路复用
Mirror turning	镜面车削	Multiplexor (-er) 多路转换器
MIS (Managment Information System)	管理信息系统	Multiplier 乘数, 乘法器
Miscellaneous function	辅助功能	Multiply operation 乘法运算
MIT system (Massachusetts Institute of Technology)		Multiprocessing 多重处理
		Multi Spindle horizontal automatic chucking lathe 卧式多轴自动卡盘车床

N

NAND gate	“与非”门	NC (Numerical Control) 数字控制 (数控)
Nanosecond (ns)	毫微秒	NC alarm signal 数控报警信号

NC machine tools	数控机床	Non - circular gear shapping machine	非圆齿轮插齿机
NC ready signal	数控就绪信号	Nonlinear distortion	非线性失真
NC station	数控操作面板	Nonmaskable interrupt	非屏蔽中断
NC system	数控系统	Non - traditional machine tools	特种加工机床
Negative feedback	负反馈	Non - traditional metal removing	特种加工
Negative logic	负逻辑	Nonvolatile memory	非易失性存储器
Nest	嵌套	NOR gate	“或非”门
Nesting level	嵌套级	Normalize	规格化
Network	网络	Normally closed contact	常闭触点
Network element	网络单元	Normally open contact	常开触点
NL (New Line) character	换行符	NOT gate	“非”门
Node	结点	Number reprcsentation system	记数制
Noise	噪声	Numeric data	数字数据
Noise margin	噪声容限	NTC (Numerical Tracer Control)	数字仿形控制
Non - circular gear hobbing machine	非圆齿轮滚齿机		

O

Object code	目标代码, 结果代码	Operation	操作, 运算
Object identifier	目标标识符	Operational amplifier	运算放大器
Object program	目标程序	Operation code	操作码
Octal	八进制的	Operator	运算符
Octal digit	八进制数字	Optical encoder	光学编码器
Octal notation	八进制记数法	Optical fibre	光导纤维
Octal number	八进制数	Optical fibre cable	光纤电缆
Odd - even check	奇偶校验	Optical grating	光栅
Off - line	脱机	Optimization	优化
Off - line diagnostics	脱机诊断	Optimum control	最佳控制
Off - line operation	脱机操作	Option	选择项, 选件
Oil mist lubrication device	油雾润滑装置	Optional block skip	跳过任选程序段
One - address	一地址	Optional stop	选择停止
One - address instruction	一地址指令	OR circuit	“或”电路
One - plus - one address	一加一地址	OR gate	“或”门
One - plus - one address instruction	一加一地址指令	Orientation	定向
One's complement	一的补码 (二进制反码)	Oriented spindle stop	主轴定向停止
On - line	联机	Origin	原点, 起点
On - line diagnostics	联机诊断	Origin button	回原点按钮
On - line operation	联机操作	OS (Operating System)	操作系统
On - line processing	联机处理	OSI (Open Systems Interconnection)	开放系统互连
On - line real - time processing	联机实时处理	Output	输出
Open - collector gate	集电极开路门	Output Capability	输出能力
Open - loop control	开环控制	Cutput device	输出设备
Open - loop system	开环系统	Overflow	溢出
Operand	操作数	Overheat	过热

Overload	过载	Overshoot	超调, 过冲
Override	倍率, 修调	Overspeed	超速
Override cancel	倍率注销	Overtravel	超程

P

Package	程序包, 封装	PDES (Product Data Exchange Standard)	产品数据交换标准
Packet	(信息) 包, (报文) 分组	Peck feed	断续进给
Packet level protocol	包级协议	Peer entity	等同实体
Page	页面	Peer protocol	等同层协议
PAL (Programmable Application Logic)	可编程应用逻辑	Peripheral equipment	外围设备
Paper tape	纸带	Permanent magnet	永久磁铁
Paper tape punch	纸带穿孔机	Permanent storage	永久存储器
Paper tape reader	纸带阅读机	Phase angle	相位角
Parabolic interpolation	抛物线插补	Phase coherent frequency modulation	相位相干频率调制
Parallel computer	并行计算机	Phase modulation	相位调制
Parallel operation	并行操作	Phase response characteristic	相位频率响应特性
Parallel processing	并行处理	Photocoupler	光电耦合器
Parallel scheduling	并行调度	Planned stop	计划停止
Parallel storage	并行存储器	Planomilling machine	龙门铣床
Parallel transmission	并行传输	Plasma cutting machine	等离子切割机
Parameter	参数	Play back	录返
Parameter setting	参数设定	PLC (programmable Logicalcontroller)	可编程逻辑控制器
Parity bit	奇偶位	Plot check	绘图检查
Parity check	奇偶校验	Plotter	绘图机
Parity error	奇偶错误	Plug board control	插销板控制
Part	零件	Plug - in unit	插件
Part program	零件程序	PMC (Programmable Machine Controller)	可编程机床控制器
Part program collation	零件程序核对	Point to point control system	点到点控制系统
Part program storage & editing	零件程序的存储和编辑	Polar coordinate	极坐标
Part programmer	程序员	Portable tape reader	便携式纸带阅读机
Part programming language	零件编程语言	Position accuracy	定位精度
Parts explosion	拆零件图	Position closed loop	位置闭环
PASCAL	PASCAL 语言	Position coder	位置编码器
Pass	遍, 趟	Position control system	位置控制系统
Patch	修补	Position detector	位置检测器
PC (Programmable Controller)	可编程控制器	Position error	位置误差
PC (Pulse Coder)	脉冲编码器	Position feedback	位置反馈
PCB (Printed Circuit Board)	印刷电路板	Positioning	定位
PCI (Protocol Control Information)	协议控制信息	Positioning system	定位系统
PDU (Protocol Data Unit)	协议数据单元		

Positioning time	定位时间	Production cycle	生产周期
Position readout	位置显示	Production monitoring	生产监控
Position sensor	位置传感器	Production order	生产命令, 生产凭单
Position servo system	位置伺服系统	Profile and contour control	曲面与轮廓控制
Position transducer	位置传感器	Profile cutter	成形刀具
Positive logic	正逻辑	Profile machine	仿形机床
Post processor	后置处理程序	Profiling	仿形切削
Power transistor	功率晶体管	Program	程序
PPR (Printer/Punch/Reader)	打印、穿孔、阅读机	Program library	程序库
PRDY (Position Ready)	位置控制就绪	Program number search	程序号检索
Preamplifier	前置放大器	Program restart	程序再起动
Precision	精(密)度	Program stop	程序停止
Precision accuracy	精度	Proportional control	比例(P)控制
Precision machine tool	精密机床	Proportional plus derivative control	比例加微分(PD)控制
Precision work	精加工	Proportional plus integral control	比例加积分(PI)控制
Preparatory function	准备功能	Proportional plus integral plus derivative control	比例加积分加微分(PID)控制
Preprocessor	预处理程序	Protocol	协议, 规程
Preset	预置	Pseudo code	伪代码
Preset tool	预调刀具	PTR (Photoelectric Tape Reader)	光电纸带阅读机
Preventive maintenance	预防维修	Punched tape	穿孔带
Print control character	打印控制字符	Punched tape code	穿孔带代码
Printer	打印机	Push - down list	下推表
Priority	优先权, 优先级	Push - down stack	下推栈
Priority processing	优先处理	Push - down storage	下推存储器
Priority scheduling	优先调度	PWM (Pulse Width Modulation)	脉宽调制
Processor	处理机, 处理程序		
Process plan	工序计划		
Process planning	编制工序计划		
Production control	生产控制		

Q

QA (Quality Assurance)	质量保证	QPS (Quality Planning System)	质量规划系统
QC (Quality Control)	质量控制	Quadrant	象限
QE (Quality Engineering)	质量工程	Quantizer	数字转换器
QMS (Query Mapping Service)	查询变换服务	Queue	排队
QP (Quality Planning)	质量规划		

R

Radial feed	径向进给	Rapid traverse	快速行程
Radius programming on X - axis	X 轴半径编程	Rapid traverse rate	快速速度
Radix	基数	Rapid traverse override	快速移动倍率
RAM (Random Access Memory)	随机存取存储器	RC (Robot controller)	机器人控制器

Reader	阅读机	Resolver	分解器, 旋转变压器
Readout	读出, 显示	Response	响应
Real time	实时	Response time	响应时间
Real time clock	实时时钟	Retrofit	改装
Real time operating system	实时操作系统	Reversible counter	可逆计数器
Real time processing	实时处理	Rewind	反绕
Real time response	实时响应	Rewind signal	反绕信号
Real time system	实时系统	RFI (Radio Frequency Interference)	射频干扰
Reference block	参考程序段	Right justify	向右对齐
Reference input signal	基准输入信号	Ring counter	环形计数器
Reference offset	基准点偏置	RISC (Reduced Instruction Set computer)	精简指令集计算机
Reference point return	返回基准点	Robot	机器人
Reference power supply	基准电源	Robot Engineering	机器人工程
Refresh	刷新	Robot interface	机器人接口
Register	寄存器	Roll - in	转入
Relative address	相对地址	Rolling slideway	滚动导轨
Relative coordinates	相对坐标	Roll - out	转出
Reliability	可靠性	ROM (Read - Only Memory)	只读存储器
Relieving amount	让刀量	Rotary encoder	旋转编码器
Remote access	远程存取	Rotor slot milling machine	转子槽铣床
Remote control	遥控	Round off	舍入
Remote position display	远程位置显示	Router	信由, 路由
Remote power supply ON/OFF	遥控电源通/断	Routine	程序
Repeatability	重复精度	Row	行
Repeater	中继器	RPM (Revolutions per minute)	转/分
Reproducibility	复制精度	R - S flip - flop	置“0”置“1”触发器
Reset	清零, 复位	RS - 232c interface	RS - 232c 接口
Residual error rate	残留误码率	Run - hour display	运行小时显示
Resolution	分辨率		

S

Sample and hold circuit	采样和保持电路	SDLC (Synchronous Data Link Control)	同步数据链路控制
Sampled data	采样数据	SDU (Service Data Unit)	服务数据单元
Sampling	采样	Search	检索
Sampling period	采样周期	Self - adapting system	自适应系统
SAP (Service Access Point)	服务存取点	Self - checking circuit	自检查电路
Scale	定尺	Self - checking code	自检查码
Scale factor	比例系数	Self - diagnosis function	自诊断功能
Scaling function	缩放功能	Self - learning system	自学习系统
S code output	S 代码输出	Self - optimizing Control	自优化控制
SC (Sub - Committee)	分技术委员会	Self - repair	自修复
Scan	扫描	Semantics	语义
SCR (Silicon Controlled Rectifier)	晶闸管整流器		

Sensitivity	灵敏度	Slider	滑尺
Sensor	传感器	Sliding way	滑动导轨
Sequence number	顺序号	Slow down span	减速跨距
Sequence number readout	顺序号显示	SNA (System Network Architecture)	系统网络结构
Sequence number search	顺序号检索	Software	软件
Sequential control	顺序控制	Software compatibility	软件兼容性
Serial arithmetic	串行运算	Software engineering	软件工程
Serial operation	串行操作	Software keys	软件键
Serial - parallel conversion	串并行转换	Software servo system	软件伺服系统
Serial transmission	串行传输	Softwired numerical control	软接线数控
Series arbor for NC machine NC	机床用系列刀柄	Source language	源语言
Service primitive	服务原语	Source module	源程序模块
Servo control	伺服控制 (系统)	Source program	源程序
Servo loop	伺服环	Space	空格
Servomechanism	伺服机构	SPC (Statistic Process Control)	统计过程控制
Servomotor	伺服电动机	Special purpose computer	专用计算机
Servo power transformer	伺服功率变压器	Spindle	主轴
Servo ready signal	伺服就绪信号	Spindle motor	主轴电机
Servo system	伺服系统	Spindle speed analog output	主轴速度模拟输出
Servo velocity control unit	伺服速度控制单元	Spindle speed arrival	主轴速度到达
Set	置位, 集	Spindle speed control unit	主轴速度控制单元
Setpoint	调整点	Sprocket hole	中导孔
Set - up time	调整时间	SPWM (Sine Pulse Width Modulation)	正弦脉宽调制
Sexadecimal	十六进制的		
Sexadecimal digit	十六进制数	SQC (Statistic Quality Control)	统计质量控制
Sexadecimal notation	十六进制记数法	SSAP (Source Service Access Point)	源服务存取点
S - function	主轴功能	Stock	堆栈
Shared file	共享文件	Stock pointer	堆栈指示器
Shared memory	共享存储器	Stock pop - up	堆栈上托
Shield line	屏蔽线	Stock push - down	堆栈下推
Shift register	移位寄存器	Stand - alone system	独立系统
Sign digit	符号位	Start - up diagnostics	起动诊断
Signal	信号	Statement	语句
Signaled error rate	通报误码率	Stepless speed changing	无级变速
Significant digit	有效位, 有效数字	Stepping motor	步进电机
Simulation	模拟	Step servo motor	伺服步进电机
Simultaneous controllable axes	同时控制轴, 联动轴	Step speed changing	有级变速
Single address	单地址	Stick - slip	爬行
Single block	单程序段	Storage	存储器
Single direction positioning	单方向定位	Storage capacity	存储容量
Single spindle automatic lathe	单轴自动车床	Storage cycle time	存储周期时间
Skip function	跳跃功能	Storage device	存储设备
Slash	省略号	Storage medium	存储媒体

Stored pitch error compensation	存储式螺距误差补偿	Symbolic language	符号语言
Stored stroke limit	存储式行程极限	Synchro	同步机, 自整角机
Straight cut system	直线切削系统	Synchronization pulse	同步脉冲
String	字符串	Synchronous clock	同步时钟
Strobe pulse	选通脉冲	Synchronous data network	同步数据网络
Sub program	子程序	Synchronous data transmission	同步数据传送
Sub routine	子程序	Synchronous operation	同步操作
Supervisor	管理程序	Synchronous processing	同步处理
Surface grinding machine	平面磨床	Syntax	语法
Surface grinding machine for grinding slideway	导轨磨床	System	系统
		System analysis	系统分析
Surface finish	表面粗糙度	System design	系统设计, 总体设计
Switching algebra	开关代数	System development	系统开发
Symbol	符号	System diagnostics	系统诊断
Symbolic code	符号代码	System engineering	系统工程
Symbolic FAPT programming	符号形 FAPT 编程 (一种会话形自动编程)	System reliability	系统可靠性
		System synthesis	系统综合

T

Tab	标号, 制表 (键)	TGLS (Tachogenerator Loss)	测速发电机信号消失报警
Table	表		
Tangential feed	切向进给	TFT (Thin Film Transistor)	薄膜晶体管
Tap	电缆连接头	Thread cutting	螺纹切削
Tape	控制带	Thread Cutting cycle	螺纹切削循环
Tape code	带代码	Three address	三地址
Tape duplication	控制带复制	Three - dimensional probe	三维测头
Tape format	带格式	Threshold	阈值
Tape leader	带头	Thyristor	半导体开关元件
Tape preparation	控制带的制备	Time out	超时
Tape punch interface	纸带穿孔机接口	Time sharing	分时
Tape punch output	纸带穿孔输出	TM (Transaction Manager)	事务管理
Tape reader	带阅读机	Token passing	令牌传递
Tape verifier	纸带校对器	Tolerance	公差
TAW (Tri - Angle Wave)	三角波	Tool diameter compensation	刀具直径补偿
TBC (Token Bus Controller)	令牌总线控制器	Tool holder	刀杆
TC (Technical committee)	技术委员会	Tool length compensation	刀具长度补偿
TDB (Tool Data Base)	刀具数据库	Tool life management	刀具寿命管理
Temporary storage	暂存存储器	Tool magazine	刀库
Ten' s complement	十的补码	Tool monitoring	刀具监控
Terminal	终端, 端子	Tool nose radius compensation	刀尖半径补偿
Terminal equipment	终端设备	Tool offset	刀具偏置
T - function	刀具功能	Tool profile grinding machine	工具曲线磨床
		Tool radius compensation	刀具半径补偿

Tool retracting	退刀	Tri - state logic	三态逻辑电路
TOP (Technical and Office Protocol)	技术办公室协议	Trouble shoot	故障查找
TPM (Twisted - Pair Modem)	双扭线总线调制解调器	Trouble shooting guidance expert system	指导故障查寻的专家系统
Tracer control	仿形控制器	Truth table	真值表
Tracer head	仿形头	Turnaround time	周转时间
Tracer milling machine	靠模铣床, 仿形铣床	Turning cell	车削单元
Track	信道	Turning centre	车削中心
Trailer	带尾	Turn - key system	承包体系
Trailing zero	尾零	Turret automatic lathe	转塔自动车床
Transducer	传感器	Turret punch press	冲模回转头压力机
Transfer function	传递函数	Twin - frequency laser interferometer	双频激光干涉仪
Transient process	过渡过程, 瞬态过程	Twisted - pair cable	双扭线电缆
Translator	翻译程序	Two - address	二地址
Transverse tool post	横刀架	Two' s complement	2 的补码
Trigger	触发器		

U

Unattended factory	无人化工厂	Unmanned carrier	无人运载车
Unattended operation	无人操作	Unmanned factory	无人化工厂
Underflow	下溢	Up - down counter	可逆计数器
Undershoot	欠调	User macro	用户宏程序
Undirectional approach	双向趋近	User macro body	用户宏程序体
Unit	单元, 部件	User macro instruction	用户宏指令
Universal fixturing	万能夹具	User program	用户程序
Universal tool and cutter grinding machine	万能工具磨床		

V

Variable	变量	Vertical machining center	立式加工中心
Variable address	可变地址	Vertical turret lathe	立式转塔车床
Variable block format	可变程序段格式	Virtual memory	虚拟存储器
Vector feedrate	矢量进给速度	VLSI (Very Large Scale Integrated)	超大规模集成电路
VC (Vertical Check)	垂直校验	Volatile memory	易失性存储器
VC (Virtual Cell)	虚拟单元	VRDY (Velocity Ready)	速度控制就绪
Velocity control unit	速度控制单元	VSI (Voltage Source Inverter)	电压源逆变器
Verifier	校对器	VT (Virtual Terminal)	虚拟终端
Vertical feed	垂直进给		

W

WAN (wide Area Network)	广域网, 远程网	Wave - soldering	波峰焊接
-------------------------	----------	------------------	------

Weight	权	Workpiece	工件
WG (Working Group)	工作小组	Write	写, 写入
Word	字	Write driver	写驱动器
Word address	字地址	Write operation	写入操作
Word length	字长		
	X		
X - axis	X 轴		
	Y		
Y - axis	Y 轴		
	Z		
Z - axis	Z 轴	Zero offset	零点偏置
Zener diode	齐纳二极管	Zero suppression	消零
Zero drift	零点漂移	Zero synchronization	零点校正

参 考 文 献

- 1 林奕鸿等编著. 机床数控技术及其应用. 北京:机械工业出版社, 1994
- 2 曹琰主编. 数控机床应用与维修. 北京:电子工业出版社, 1994
- 3 毕承恩等编著. 现代数控机床. 北京:机械工业出版社, 1991
- 4 秦立高主编. 机床维修手册. 北京:国防工业出版社, 1996
- 5 徐英详主编. 机修钳工技能. 北京:航空工业出版社, 1995
- 6 张振国主编. 数控机床的结构与应用. 北京:机械工业出版社, 1990
- 7 廉元国等编. 加工中心设计与应用. 北京:机械工业出版社, 1995
- 8 邵俊鹏等主编. 机床数控技术. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 1996
- 9 《机械设备故障分析与排除方法丛书》编委会编著. 切削加工设备故障分析与排除方法. 北京:航空工业出版社, 1998
- 10 《实用数控加工技术》编委会编. 实用数控加工技术. 北京:兵器工业出版社, 1995
- 11 王润孝等编著. 机床数控原理与系统. 西安:西北工业大学出版社, 1997
- 12 刘希金主编. 机床数控系统故障检测及维修. 北京:兵器工业出版社, 1995
- 13 全国数控培训网络天津分中心编. 数控机床. 北京:机械工业出版社, 1998
- 14 王侃夫主编. 数控机床故障诊断及维护. 北京:机械工业出版社, 2000
- 15 孔昭永. FANUC 0 系统维修知识讲座. 机械工人冷加工, 2000 (1~8)
- 16 郑宇. 加工中心轴抖动故障三例. 设备管理与维修, 1996 (7)
- 17 蔡明. 维修日本加工中心的一点体会. 设备管理与维修, 1997 (3)
- 18 张炳杰. 装配质量差是加工中心前期故障的主要原因. 设备管理与维修, 1997 (9)
- 19 魏光林. 数控设备维修实例. 设备管理与维修, 1998 (1)
- 20 侯明枢. 数控机床光栅编码器的修理. 设备管理与维修, 1998 (3)
- 21 张春燕. CS-42 数控车床电气故障分析与修理. 设备管理与维修, 1998 (4)
- 22 沈晶. 数控设备的维修方法及故障实例. 设备管理与维修, 1998 (6)
- 23 姚斌. A950 数控进给伺服系统的调整与维修. 设备管理与维修, 1999 (9)